This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

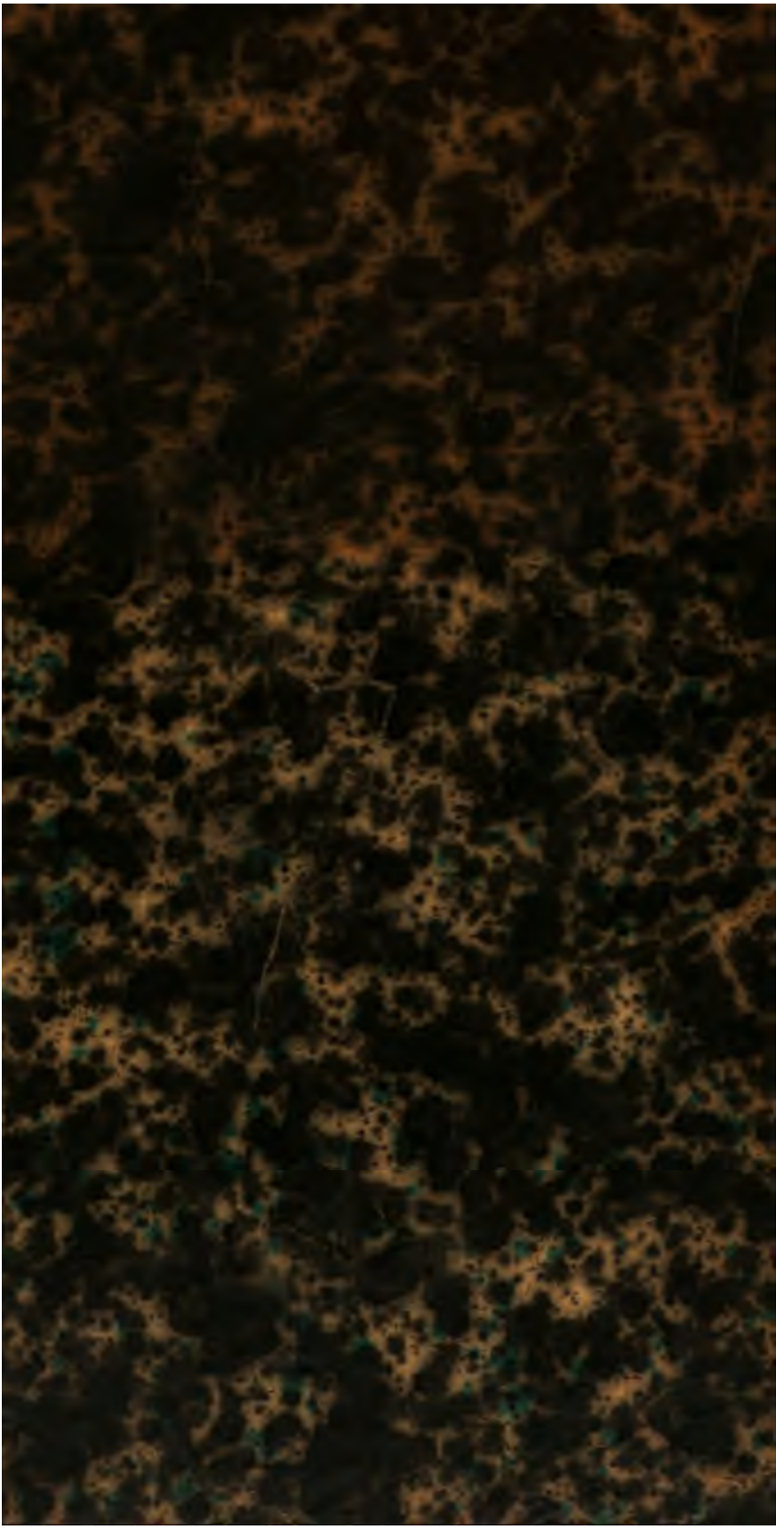
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

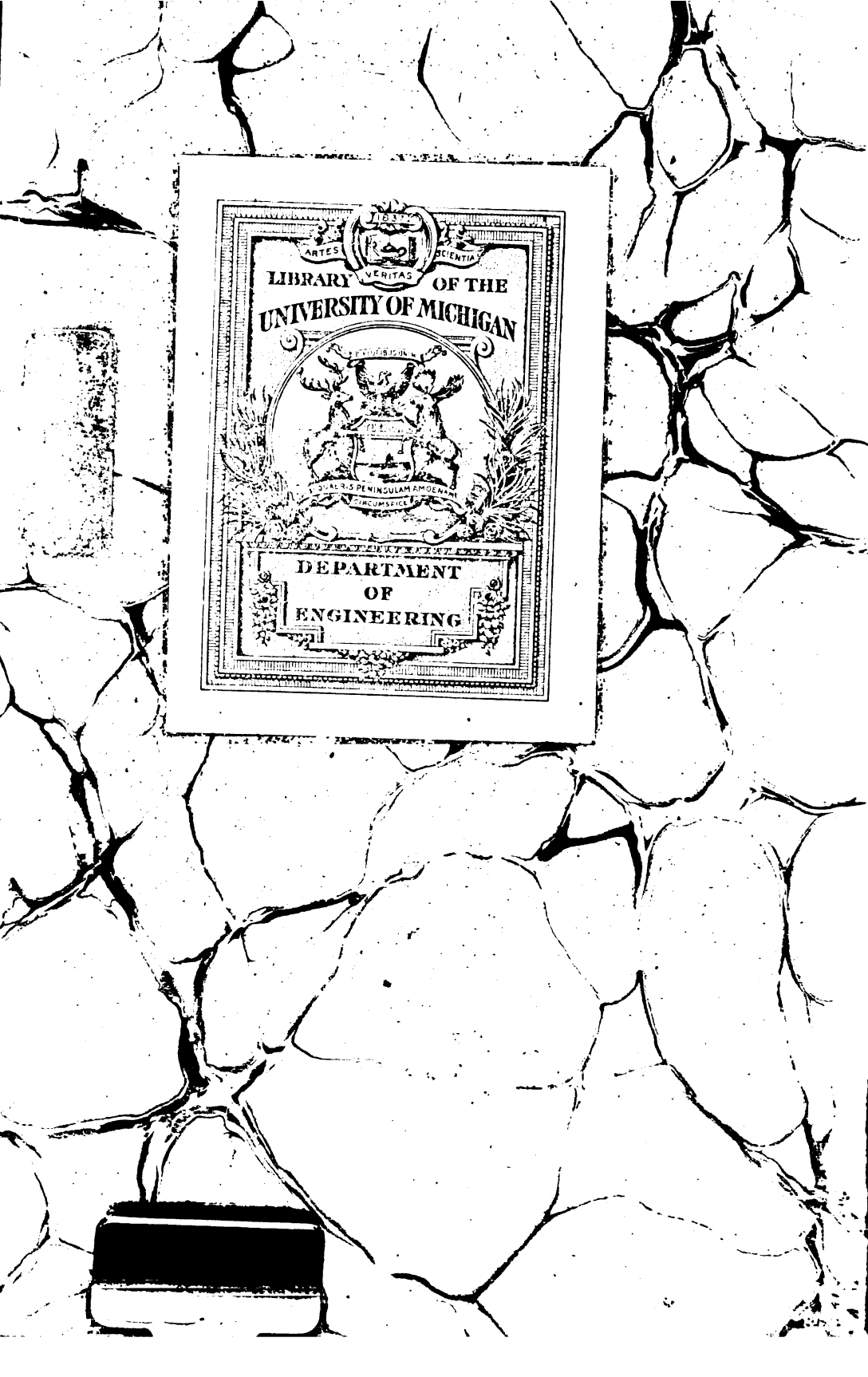
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`




ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
DEPARTMENT
OF
ENGINEERING

TA
2
S68

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

ANNÉE 1895

La Société n'est pas solidaire des opinions émises par ses Membres dans les discussions, ni responsable des Notes ou Mémoires publiés dans le *Bulletin*.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ

DES

INGÉNIEURS CIVILS

DE FRANCE

FONDÉE LE 4 MARS 1848

RECONNUE D'UTILITÉ PUBLIQUE PAR DÉCRET DU 22 DÉCEMBRE 1860

ANNÉE 1895

PREMIER VOLUME

PARIS

HOTEL DE LA SOCIÉTÉ

10, CITÉ ROUGEMONT, 10

—

1895

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JANVIER 1895

N° 1.

Sommaire des séances du mois de janvier 1895 :

1° *Installation des Membres du Bureau et du Comité.* — Discours de MM. G. du Bousquet et L. Appert. (Séance du 4 janvier), pages 6 et 19.

2° *Décès* de MM. A. Henriot, Ch. de Montgolfier, P. Gronsky, Ch. Romme, L. Jambille, A. Olivier. (Séances des 4 et 18 janvier), pages 30 et 32;

3° *Décorations.* (Séances des 4 et 18 janvier), pages 30 et 32;

4° *Prix Montyon de mécanique*, décerné à M. E. Bertrand de Fontviolant par l'Institut. (Séance du 4 janvier), page 31;

5° *Membre correspondant de la Société à Lisbonne* (Nomination de M. E.-H. Boyer comme). (Séance du 4 janvier), page 31;

6° *Congrès des Sociétés savantes de 1895* (Date du). (Séance du 4 janvier), page 31;

7° *Prix Coignet* (Désignation de la 3me section pour concourir en 1898 pour le). (Séance du 18 janvier), page 32;

8° *Touage électrique des bateaux sur les canaux*, par M. de Bovet, et observations de MM. Carimantrand, D.-A. Casalonga et L. Rey. (Séance du 18 janvier), page 32;

9° *Traction mécanique des tramways.* (Étude sur le rapport de M. E. de Marchena), par M. P. Regnard, et observations de M. Sarcia. (Séance du 18 janvier), page 34;

163391

10° *Traction mécanique des tramways* (Étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la), par M. E. Badois, et observations de MM. E. de Marchena, Sarcia, Badois, L. Rey, P. Regnard, Ed. Coignet. (Séance du 18 janvier), page 36;

Mémoires contenus dans le Bulletin de janvier 1895:

11° *Traction mécanique des bateaux sur les canaux. Touage électro-magnétique*, par M. A. de Bovet, page 40;

12° *Étude sur diverses installations électriques en Suisse et en Savoie.* Rapport de mission, par M. A. Lavezzari, page 73;

13° *Étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la traction mécanique des tramways*, par M. E. Badois, page 98;

14° *Note sur le mémoire de M. de Marchena: Traction mécanique des tramways*, par M. P. Regnard, page 114;

15° *Traction mécanique des tramways. Réponse aux observations de M. Badois*, par M. E. de Marchena, page 122;

16° *Le rendement organique des machines à expansion multiple*, par M. A. Mallet, page 132;

17° *Obsèques de M. G. Loustau.* Discours prononcés par MM. G. du Bousquet, L. Appert et A. Godillot, pages 149, 152 et 154;

18° *Chronique* n° 181, par M. A. Mallet, page 157;

19° *Comptes rendus* — — page 169;

20° *Liste des publications périodiques reçues au 1er janvier 1895, par la Société*, page 177;

21° *Planches*, nos 127 et 128.

Pendant le mois de janvier 1895, la Société a reçu:

35113 et 35114 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893, 9e partie : Les locomotives*, par Grille et Laborde (grand in-8° de 148 p., avec atlas grand in-4° de 95 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1894.

35115 — De l'École spéciale d'Architecture. *École spéciale d'Architecture. Année 1894-1895. Séance d'ouverture du 12 novembre 1894.* Paris, Delalain frères, 1894.

35116 — De la R. Scuola d'Applicazione per gl' Ingegneri in Roma. *R. Università Romana. Scuola d'Applicazione per gl' Ingegneri. Annuario per l'anno scolastico 1894-1895.* Roma, 1894.

35117 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Torpilles sèches*, par E. Hennebert (petit in-8° de 239 p., avec 53 fig.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1894.

35118 — De M. A. Marchegay (M. de la S.). *L'Électricité et ses applications à l'Exposition de la région lyonnaise* (in-8° de 52 p.). Saint-Étienne, Théolier et Cie, 1894.

35119 — De l'Office du Travail. *Étude sur les derniers résultats des assurances sociales en Allemagne et en Autriche. 1re Partie : Accidents* (in-8° de 180 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35120 à 35122 — De M. L. de La Vallée-Poussin (M. de la S.). *Rapports du Commissaire de l'Agriculture et de la Colonisation de la province de Québec.* Années 1890, 1891 et 1892 (3 vol. grand in-8°). Québec, 1890, 1891 et 1893.

35123 — Dito. *Canada. A Memorial Volume* (1 vol. in-8°). Montréal, 1889.

35124 — Dito. *Esquisse générale de la province de Québec*, par H. Mercier (in-8° de 64 p.). Québec, 1889.

35125 — Dito. *Esquisse sur la Gaspésie*, par J.-C. Langelier (in-8° de 88 p.). Québec, 1885.

35126 — Dito. *La région du lac Saint-Jean. Grenier de la province de Québec. Guide des colons*, par A. Buies (in-8° de 51 p.). Québec, 1890.

35127 — Dito. *Guide du colon. Province de Québec*, par E.-J. Flynn (in-8° de 135 p.). Québec, 1894.

35128 et 35129 — Dito. *Mines et minéraux de la province de Québec*, par J. Obaski (2 vol. in-8°). Québec, 1889 et 1890.

35130 — Dito. *Chansons populaires du Canada*, par E. Gagney (in-8° de 350 p.). Québec, 1894.

35131 — Dito. *Au Canada et chez les Peaux-Rouges*, par G. Demanche (in-8° de 192 p.). Paris, Hachette et Cie, 1890.

35132 — Dito. *Les Canadiens-Français de la Nouvelle-Angleterre*, par E. Hamon (in-8° de 483 p.). Québec, 1891.

35133 à 35135 — Dito. *Rapport général du Commissaire des Travaux publics de la province de Québec.* Années 1891, 1892 et 1893 (3 vol. grand in-8°). Québec, 1892 et 1893.

35136 à 35139 — Dito. *Quatre cartes géographiques de la province de Québec.*

35140 — De M. Al. Gouvy (M. de la S.). *Étude sur la sidérurgie en Haute-Silésie* (in-8° de 112 p., avec 9 pl.). Saint-Étienne, Théolier et Cie, 1894.

35141 — Du Ministère des Travaux publics. *Service hydrométrique du bassin de la Seine. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1893*, sous la direction de M. de La Tournerie, par M. G. Lemoine. Versailles, Aubert, 1894.

35142 — De M. Ed. Deiss. *De la self-injection* (petit in-4° de 14 p., avec 1 pl. autog.).

35143 — De MM. Milinaire frères (M. de la S.). *Exposition de 1900. Palais universel à chemins de fer circulaires à l'extérieur et à ascenseur hélicoïdal à l'intérieur.* Projet de MM. Milinaire frères. Classement n° 38 (grand in-4° de 8 p.). Paris, Lambert, Épinette et Cie, 1894.

35144 — De MM. A. Teste fils, Pichat, Moret et Cie, constructeurs à Lyon. *Notice sur les porteurs aériens par câbles* (in-4° de 44 p., avec 5 pl.). Lyon, A.-H. Storck, 1894.

35145 — De M. V.-E. de Timonoff (M. de la S.). *Étude sur les dragages à succion en Europe, Asie, Afrique, Amérique et Australie* (grand in-8° de 180 p., avec 3 pl.) (en russe). Saint-Pétersbourg, 1894.

35146 — De Under Secretary to the Government of Bengal. *Revenue Report of the Public Works Department, Irrigation Branch, Bengal, for the year 1893-94.* Calcutta, 1894.

35147 — De l'Association pour prévenir les accidents de fabrique, à Mulhouse. *Collection de dispositions et d'appareils destinés à éviter les accidents de machines* (grand in-4° de 92 p., avec 37 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895 (2e édition).

35148 — De M. E.-A. Fuertes, directeur du Génie Civil, Cornell University. *Sanitary Improvements for the City and Port of Santos, Brazil* (in-4° de 146 p.). New-York, 1894.

35149 — De l'American Institute of Electrical Engineer. *Proceedings of the International Electrical Congress held in the City of Chicago, August 21 st. to 25 th., 1893* (in-8° de 488 p.). New-York, 1894.

35150 — De M. le comte Hallez d'Arros. *Exposition universelle de 1900. Projet de construction d'une grande voie aérienne (Elevated Railroad) reliant l'Esplanade des Invalides au Champ-de-Mars* (in-8° de 16 p.). Paris, Georges Petit, 1894.

35151 — Du Comité de conservation des monuments de l'art arabe. *Comité de conservation des monuments de l'art arabe. Exercice 1893. Fascicule dixième. Procès-verbaux des séances. Rapports de la deuxième Commission.* Le Caire, 1894.

35152 — De Mme veuve Ch. Dunod et P. Vicq. *Bibliothèque du conducteur de travaux publics. Programme des volumes*, dressé par Eug. Laye (in-4° de 47 p.). Paris, Veuve Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35153 — De MM. Hermann Glaenzer et Cie. *Pompes à vapeur, à transmission, électriques, Pompes à air, Machines élévatoires, Compresseurs d'air, Condenseurs indépendants. Tarifs* (petit in-4°). Paris, J. Kossuth.

35154 — De M. P. Villain (M. de la S.). *Le Métropolitain sans viaducs ni tunnels.* Projet P. Villain. Notice par B. Sincholle (in-8° de 68 p., avec 2 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35155 — De M. L.-G. Bordes (M. de la S.). *Brevets et marques dans les pays américains de race latine* (in-8° de 88 p.). Buenos-Aires, 1894.

35156 — De M. E. Schmidt (M. de la S.). *Considérations générales sur les qualités à exiger des charbons de sucrerie* (grand in-8° de 19 p.). Paris, Imprimerie de la Presse, 1894.

35157 — Dito. *Analyse des combustibles* (grand in-8° de 21 p.). Paris, Imprimerie de la Presse, 1894.

35158 — Dito. *La Fusibilité des cendres* (grand in-8° de 6 p.). Paris, Imprimerie de la Presse, 1894.

35159 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Weltausstellung in Chicago, 1893. Berichte der schweizerischen Delegierten. Der Brückenbau in den Vereinigten Staaten Amerika* (in-8° de 66 p. avec 12 pl.). Berne, 1894.

35160 — *Guides Conty. Paris à Marseille, Lyon.* Paris, Conty, 1893 (2e édition).

35161 — De M. L. Rey (M. de la S.). *Rapport fait par M. Ch. Mallet sur les dispositions imaginées par M. Laignel pour faciliter le mouvement des chariots sur les chemins de fer* (petit in-4° de 10 p., avec 1 pl.). Paris, Mme Huzard, 1832.

Les membres nouvellement admis pendant le mois de janvier 1895 sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

P. Bloch, présenté par MM. Lippmann, Jannettaz, Marboutin.
F.-A.-A. Clerc, — de Perrodil, Cornuault, de Marchena.
A. da Costa-Canto, — Badois, E. Belin, A. Belin.
L.-Ch. Frémont, — Boulet, Guyot-Sionnest, Baclé.
L. Lumereaux, — Driout, Lallement, Hegelbacher.
J.-H.-J. Nyveneuse, — Chalon, Mallet, de Dax.
P. Smith, — Chalon, J. Garnier, de Dax.

Comme Membre associé, M. :

J.-R.-J.-Ch. Lorilleux, présenté par MM. Guasco, J. Michaud, Couriot.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JANVIER 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 4 JANVIER 1895

PRÉSIDENCE DE M. G. DU BOUSQUET, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Les procès-verbaux des séances des 7 et 21 décembre 1894 sont adoptés.

M. G. DU BOUSQUET prononce le discours suivant :

MESSIEURS ET CHERS COLLÈGUES,

Arrivé au terme du mandat que je tiens de votre extrême bienveillance, je dois, suivant les traditions de la Société, vous exposer les faits qui ont marqué le dernier exercice et vous présenter le résumé de vos nombreux travaux.

Je m'acquitterai de ce devoir le plus brièvement possible afin de ne pas abuser de votre attention.

Décès.

Avant tout, je veux rendre un dernier hommage aux trente-cinq membres qui nous ont quittés pour toujours.

MM. G.-A. Guillaume, ancien Ingénieur des Chemins de fer de l'Est, Répétiteur à l'École Centrale.

M. Turck, Inspecteur principal du matériel et de la traction aux Chemins de fer de l'Ouest.

M. Ch. Herscher, notre sympathique et distingué Vice-Président, dont la perte nous a été si sensible et qui est encore présent au souvenir de chacun de nous.

M. G. Masure.

M. J.-B.-J. Mignon, Ingénieur-Constructeur.

M. R. Guisan.

M. M.-F. Schmidt, Ingénieur principal de la Compagnie générale des Eaux.

M. P.-E. d'Arcangues, l'affable Inspecteur principal du Chemin de fer du Nord.

M. H.-P.-A. Diard, Banquier à Amboise.

M. H. Tardieu, très connu de tous ceux qui s'occupent de la fabrication du sucre.

M. Robert de Beauchamp, ancien Député, ancien Sénateur de la Vienne.

M. G. Philippe, Ingénieur civil en Tunisie.

M. V. Berruyer.

M. E. Barrault, ancien Président de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

M. Hallopeau, ancien Professeur à l'École Centrale, Ingénieur des Chemins de fer P.-L.-M., notre ancien Trésorier.

M. A. Guettier, dont le nom était bien connu dans l'industrie du fer.

M. Ch. Guillaume, ancien Directeur des Chemins de fer du Nord de l'Espagne.

M. P.-E. Mauguin, dont M. Mallet a retracé les travaux dans sa Notice nécrologique.

M. P.-G. Jarre.

M. P.-H. Lemonnier, dont M. Brüll vous a fait connaître la vie si bien remplie.

M. F. Burle, Ingénieur de la Société générale des Chemins de fer Économiques.

M. L. Holtzer, Directeur des Aciéries Jacob Holtzer.

M. L. Sauvan-Deleuze.

M. Guary, l'éminent Directeur général de la Compagnie des Mines d'Anzin.

M. L. Brunck, Ingénieur à la Société alsacienne de Constructions Mécaniques.

M. A.-A. Fraix, Ingénieur du Chemin de fer d'Arles à Saint-Louis du Rhône.

M. J. Rogerson, Constructeur à Ducham.

M. Ch. Taconnet, Directeur des Fonderies et Ateliers de MM. Mathelin et Garnier.

M. E. Fettu, longtemps attaché au Chemin de fer du Nord, puis aux Chemins de fer Départementaux.

M. Comolli, Entrepreneur à Constantinople.

M. Costey, Directeur de la Société industrielle internationale d'organisation d'Usines.

M. L. Debarle, Entrepreneur de travaux publics.

M. S. Calabre, Ingénieur retraité du Chemin de fer du Nord.

M. J. Boulet, Constructeur de machines, Vice-Président du Syndicat des Chaudronniers, Fondeurs et Constructeurs, Membre du Comité.

Cette longue liste a été fermée par un de nos Membres honoraires les plus illustres, dont je n'ai pu encore vous annoncer la perte :

M. Ferdinand de Lesseps, Membre de l'Académie française et de l'Académie des Sciences, Président d'honneur de la Société de Géographie de Paris, à qui le monde doit le Canal de Suez, et la France l'honneur d'avoir exécuté le travail qu'avait rêvé l'Égypte des Ptolémées.

Adressons à tous un dernier adieu; tous étaient dignes de notre Société, et plusieurs ont jeté sur elle un très vif éclat.

Il m'est impossible, mes chers Collègues, de parler de ceux qui ne

sont plus sans que ma pensée se reporte avec tristesse sur l'événement tragique qui est venu frapper la France et dont, vous le savez, j'ai été en quelque sorte témoin.

La mort du Président Carnot, un Ingénieur, lui aussi, a été pour nous un deuil cruel : il avait conquis le respect et l'affection de tous et, à maintes reprises, il avait donné des témoignages de l'intérêt qu'il portait à notre Société ; votre Président lui devait donc, dans ce compte rendu, un souvenir ému, un hommage respectueux. *(Approbation unanime.)*

Qu'il me soit permis, à ce propos, de rappeler que les Ingénieurs Russes, s'associant à notre malheur, ont choisi la Société des Ingénieurs Civils de France pour être l'interprète de leurs sentiments. Nous ne nous doutions pas alors que, si peu de temps après, nous aurions à notre tour à leur témoigner notre douleur à l'occasion de la mort de l'Empereur Alexandre.

Souvenons-nous, Messieurs, que les amitiés profondes se lient surtout dans l'adversité et envisageons l'avenir avec confiance. *(Très bien! Très bien!)*

Admissions.

123 membres nouveaux ont été admis cette année, dont 10 associés.

C'est un peu moins qu'en 1893, un peu moins qu'en 1892, et je ne saurais trop vous engager, mes chers Collègues, à faire tous vos efforts pour seconder votre Président et votre Bureau dans le recrutement de nouveaux membres. Je constate, du reste, avec plaisir que, malgré cette diminution et grâce à un nombre de décès moindre, l'augmentation du nombre des adhérents, qui est de 88, est plus forte que les années précédentes.

Décorations françaises.

Cinq de nos Collègues ont été promus au grade d'*Officier dans l'ordre de la Légion d'honneur :* MM. H. Daydé; N.-B. Barbier; J.-L. Charpentier; P. Darblay; L. Weiller.

Vingt et un ont été nommés *Chevaliers de la Légion d'honneur :* MM. P. Arbel; A. de Bonnard; A. Bricard; A. Charbonnier; L. de Chasseloup-Laubat; M. Demoulin; A. Donon; L.-P. Dufès; G. Alexis Godillot; J. Hurtu; A. Lacroix; E.-F. Lemaitre; Ch.-A. Loonen; E.-F. Neveu; S. Pozzy; A. Cornaille; Fouret; Marmiesse; J.-J. Heilmann; L. Dunnett; J.-B. Berlier.

Ont reçu les palmes d'*Officier de l'Instruction publique :* MM. L. Courtier; Grelley; E. Varenne; Vivarez; Weiller; L. Francq; E. Cacheux; Auguste Moreau.

Celles d'*Officier d'Académie :* MM. Balas; E. Bert; Broca; Bidou; Delonchant; Levi-Alvarès; Merceron; Trotabas; H.-J. Girard; P. Masson; J. Amiot.

La croix de *Chevalier du Mérite agricole* a été décernée à M. Haguet.

Décorations étrangères.

Neuf de nos Collègues, distingués par les gouvernements étrangers, ont reçu de hautes récompenses; ce sont :

Grand Officier de Saint-Stanislas de Russie : M. G. Canet;
Commandeur du Medjidié : M. J.-C. Baudot;
Commandeur de Léopold de Belgique : M. de Naeyer;
Officier de Léopold de Belgique : M. L. Appert, notre nouveau Président;
Chevalier de Léopold de Belgique : M. G. Béliard;
Officier du Dragon d'Annam : M. Remaury;
Chevalier du Dragon d'Annam et *Chevalier du Cambodge :* M. Aug. Moreau.
Officier du Nicham-Iftikar : M. Gallut;
Chevalier d'Isabelle la Catholique : M. Schwoerer;

(Applaudissements.)

Dons divers.

Notre Société a reçu, en 1894, les dons suivants :

Don d'une somme de 368,45 *f* (soulte du prix Nozo), fait par M. Bertrand de Fontviolant.

Don d'une somme de 50 *f*, fait par M. van Diest.

Don de la collection complète des Bulletins de la Société depuis sa fondation, par M^me^ Veuve Benoit-Duportail.

Nominations.

Je me fais un plaisir de signaler les nominations suivantes :

De M. G. Broca, comme membre de la Commission supérieure des théâtres;

De M. P. Boubée, comme vice-Président du Collège des Ingénieurs et Architectes de Naples, et comme membre de la Commission permanente pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux;

De M. D. Monnier, comme professeur titulaire d'électricité industrielle (deuxième et troisième année) à l'École Centrale;

De M. J. Bergeron, comme professeur titulaire de minéralogie et de géologie (1^re^ année) à l'École Centrale;

De M. J.-J. Pillet, comme professeur du cours de Constructions Civiles du Conservatoire national des Arts et Métiers;

De M. A. Beardsley, comme Président du Comité des Sciences et Arts du Franklin Institute;

De M. G. Richard, comme Agent général de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale;

De M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, comme membre du Jury appelé à statuer sur les résultats du concours ouvert pour l'Exposition universelle de 1900.

Exposition de Lyon de 1894.

Membres de la Société faisant partie du Jury international des récompenses.

43 membres de la Société ont été appelés à faire partie du Jury, savoir :

Jury supérieur :

M. Mangini (L.), vice-Président ; M. Marchegay (A.), membre.

Membres du Jury (groupes) :

Groupe IV, classe 9 : MM. Carron (P.) ; Darblay (P) ; Lamort (E.) ; de Montgolfier (Ch.).

Groupe VI, classe 25 : MM. Grouvelle (P.-J.) ; Luchaire (L.).

Classe 26 : MM. Guilbert-Martin (A.) ; Maës (G.).

Classe 28 : M. Garnier (P.).

Groupe VII, classe 31 : MM. Piat (A.-Ch.) ; Pinat (A.).

Classes 32 et 40 : M. Coignet (A.).

Groupe VIII, classe 34 : MM. Japy (H.) ; Picou (R.-V.) ; Richard (J.) ; Sarcia (J.-A.-M.).

Classe 35 : MM. Boulet (J.) ; Compère (Ch.) ; Desjuzeur (M.) ; Dufès (L.) ; Séguin (A.).

Classe 36 : MM. Bouhey (E.) ; Cohendet (A.-V.-H.) ; Mollet-Fontaine (J.-F.) ; Levassor (E.-C.) ; Panhard (R.) ; Leblanc (J.).

Classe 38 : M. Arnault (P.).

Classe 39 : MM. Brault (F.) ; Egrot (A.).

Classe 41 : M. Simon (E.).

Classe 42 : MM. Dehaitre (F.) ; Elwell (J.).

Classe 43 : MM. Baudet (E.) ; Carré (F.) ; Moreau (Aug.) ; Pierron (E.-V.).

Classe 45 : M. Le Page (A.).

Groupe X, classes 50, 51 et 52 : MM. Leger (A.) ; Francq (L.) ; Simoneton (E.).

Exposition d'Anvers de 1894.

Membres de la Société faisant partie du Jury international des récompenses.

Les membres de la Société qui ont fait partie de ce Jury sont au nombre de 36.

Groupe II, classe 6 : M. Monnier (D.).

Classe 7 : MM. Jacquemart (P.-A.-F.) ; Mesureur (J.).

Groupe III, classe 14 *bis* : M. Guilbert-Martin (A.).

Groupe V, classe 15 : M. Petitjean (G.).

Classe 16 : MM. Lesueur (G.) ; Dardenne (A.-E.).

Classe 17 : M. Simons (F.).

Classe 19 : MM. Brunon (B.) ; d'Adelsward (B^{on} G.) ; Gillon (A.) ; Jambille (L.).

Classes 20 et 21 : MM. Garnier (H.) ; Muller (A.).

Groupe VI, classe 22 : MM. Dwelshauvers-Dery (V.) ; Boulet (J.) ; de Nansouty (M.) ; Richemond (E.).

Classe 23 : MM. Ravasse (E.) ; Le Blanc (J.).

Classe 24 : MM. Moyaux (L.) ; Greinier (A.).

Groupe VII, classe 27 : M. Garnier (P.).
Groupe VIII, classes 28 et 29 : MM. Hospitalier (E.); Fontaine (H.).
Groupe IX, classe 30 : M. Duboul (A.).
Groupe XI, classes 44 et 45 : M. Somzée (L.).
Groupe XII, classe 46 : M. Lemoine (L.).
Groupe XIII, classe 50 *bis* : M. Asselin (E.).
Groupe XIV, classe 52 : M. Lombart (J.-F.).
Classe 53 : M. Egrot (A.).
Classe 54 : M. Cirier-Pavard (L.).
Groupe XV, Classe 57 : M. Marsaux (A.-V.).
Groupe XVI, classe 58 : M. Trotabas (C.-A.).
Groupe XVII, classe 61 : MM. Camus (E.); Portevin (H.).

Récompenses. — Prix divers.

La Société a obtenu à l'Exposition d'Anvers un diplôme d'honneur.

En outre, un certain nombre de ses membres y ont été individuellement récompensés.

Je citerai, parmi eux, notre sympathique Président, M. L. Appert, qui a obtenu un grand Prix pour sa magnifique exposition de verrerie. *(Applaudissements.)*

Congrès.

La Société a été conviée, pendant l'année 1894, à divers Congrès :

1° Congrès des Sociétés Savantes, où nous avons délégué MM. Fleury, Coignet, Gruner et Remaury.

2° Congrès international de Navigation intérieure, qui a tenu ses séances à La Haye, où nous étions représentés par MM. Fleury, de Koning, de Coëne, Pillet et Coiseau, et dont M. Fleury nous a fait un compte rendu plein d'intérêt, à la séance d'octobre.

3° Congrès des Accidents du Travail, à Milan, Représentants : MM. Gruner, Périssé, Mantegazza et Mamy.

M. Remaury nous a rendu compte du 32e Congrès des Sociétés Savantes.

MM. Fleury et Hersent, du Congrès Maritime de Londres en 1893.

M. Jannettaz, du Congrès de l'Association française pour l'Avancement des Sciences.

M. L. de Chasseloup-Laubat nous a fait l'analyse du Rapport Officiel sur les Congrès de Chicago, et M. L. Périssé nous a présenté le compte rendu des congrès d'Ingénieurs à Chicago.

La Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale a récompensé comme ils le méritaient les travaux de deux de nos Collègues, en décernant à M. L. Dulac le prix de 3 000 *f*, et à M. de Bovet une médaille d'or.

M. Loustau, Trésorier honoraire de la Société, a reçu des mains des anciens Présidents de l'Association Amicale des Élèves de l'École Centrale, du Groupe de Paris, et de notre Société même, une médaille gravée à son effigie. Nous nous sommes tous associés à cette pieuse manifestation.

La Société Industrielle du Nord de la France a décerné à votre Président la grande médaille d'or de la Fondation Kuhlmann. *(Bravo ! Bravo ! Vifs applaudissements.)*

Enfin, notre Société, dans sa séance du 15 juin, a décerné :

Son prix annuel (médaille d'or) à M. M.-L. Langlois, pour ses travaux sur le calcul des poutres en treillis à brides parallèles, et sur le calcul rigoureux des charpentes métalliques sur colonnes; et le prix Nozo à M. Bertrand de Fontviolant, pour sa méthode graphique de détermination des lignes d'influence permettant le calcul des poutres continues soumises à des charges mobiles.

J'apprends à l'instant, et j'ai le plaisir de faire connaître à la Société, que l'Académie des Sciences a décerné à M. E. Bertrand de Fontviolant le prix Montyon de mécanique pour l'ensemble de ses travaux sur la résistance des matériaux. *(Applaudissements.)*

Travaux de la Société.

J'arrive maintenant, Messieurs, aux communications si variées qui ont été faites cette année à la Société.

Elles sont en si grand nombre et présentent un tel intérêt que, si je voulais en faire l'analyse et payer à chacun le tribut d'éloges qui lui est dû, je dépasserais de beaucoup le temps qui m'est accordé. Force m'est donc de me borner en quelque sorte à une nomenclature.

I^re^ SECTION

Travaux publics. — Chemins de fer.
Constructions publiques et particulières. — Navigation.

M. Couriot. — *Percement des tunnels dans les terrains mous, fluents ou très éboulеux (Méthode Sokolowski);* étude des méthodes employées jusqu'à ce jour pour la traversée des terrains difficiles, et avantages de la nouvelle méthode.

M. Ed. Roy. — *Expériences et études sur le passage en courbe du matériel roulant;* compte rendu de différentes expériences dynamométriques, et exposé d'un nouveau mode d'attelage des voitures.

M. Haag. — *Transformation des grandes gares allemandes;* étude très complète permettant d'apprécier l'importance considérable des travaux accomplis en Allemagne dans ces dernières années.

MM. Edmond Coignet et de Tedesco. — *Du calcul des ouvrages en ciment avec ossature métallique;* exposé d'une méthode permettant de déterminer, par des équations simples, les principales dimensions de ces ouvrages.

Cette communication a donné lieu à une discussion à laquelle ont pris part MM. Rey, Chaudy, Bonna et Cottancin. Ce dernier nous a adressé, à ce propos, une lettre qui a été analysée en séance et déposée aux archives.

MM. L. Périssé et A.-V. Roy. — *Le Canadian Pacific Railway;* revue des services principaux de la construction et de l'exploitation et des services accessoires : colonisation, hôtels, télégraphes, messageries, lignes de bateaux.

M. A. Mallet. — *Locomotives à adhérence totale pour courbes de petit rayon;* ce mémoire, fait pour répondre à l'invitation adressée à la Société des Ingénieurs Civils de France par le bureau de l'American Society of Civil Engineers, a reçu à Chicago l'accueil le plus flatteur et le plus mérité.

M. D. Federman. — *Résumé des travaux hydrauliques de l'Ingénieur Enrico Carli.*

M. Haag. — *Exploitation du Métropolitain de Berlin;* étude détaillée montrant les développements successifs depuis l'ouverture jusqu'à ce jour.

M. F.-L. Barbier. — *Note sur l'Exposition d'Anvers;* compte rendu extrêmement intéressant d'une visite rapide faite par notre jeune et distingué Collègue.

M. E. Dareste. — *Tracés des chemins de fer. Méthode pour mener une normale à une courbe de raccordement;* méthode rapide, facile à appliquer et suffisamment précise.

M. A. Mallet. — *Chemins de fer à voie étroite du canton de Genève;* question traitée avec haute compétence par notre savant Collègue.

MM. J. Fleury et G. Hersent. — *Compte rendu du Congrès maritime de Londres en 1893.*

M. Duroy de Bruignac. — *Note sur un système d'aiguillage pour les tramways;* cette note a donné lieu à un échange d'observations entre MM. Ed. Lippmann, H. Forest, J.-H. Delaunay et L. Rey.

M. Chatard. — *Application de la traction à air comprimé aux tramways de Paris;* une visite très intéressante a été faite à l'usine de la Compagnie des Omnibus, à Boulogne-sur-Seine.

M. P. Villain. — *Moyens de transports en vue de l'Exposition universelle de 1900;* communication suivie d'une intéressante discussion entre MM. J. Charton, P. Haag, Ed. Coignet, P. Villain, J.-H. Delaunay, Ed. Lippmann, D.-A. Casalonga.

M. A. Brüll. — *Pont à transbordeur de M. F. Arnodin.*

Enfin, M. le professeur Belelubsky, le savant Ingénieur russe, dans une séance spéciale dont nous garderons le souvenir, nous a fait un exposé magistral des *Méthodes suivies en Russie pour la substitution des ponts métalliques aux ponts en bois* sur les grands fleuves de ces contrées.

IIe SECTION

Mécanique et ses applications. — Machines à vapeur.

M. F. Chaudy. — *Formule du travail de déformation dans le laminage et le martelage;* une pareille formule était difficile à dégager; notre distingué Collègue a su néanmoins l'établir.

M. A. Lencauchez. — *Condenseur à jet ou trompe-condensation pour machine à vapeur;* cet appareil, qui supprime la pompe à air, paraît être entré dans la pratique.

M. L. de Longraire. — *Notice bibliographique sur la traduction des Mécaniques de Héron d'Alexandrie, de M. le baron Carra de Vaux;* ce travail

montre que la traduction en question est un véritable événement scientifique.

M. A. Carcenat. — *Alimentation des générateurs par refoulement d'eau dans la vapeur;* l'auteur a montré une fois de plus quelle importance il y a à éviter, dans la conduite des générateurs, les changements brusques de température.

M. L.-G. Louisse. — *Note sur l'application, au desséchement des marais de Fos, des pompes centrifuges Farcot à grand débit;* observations de MM. Brûll, Badois, Marboutin, Fleury, Carcenat, A. Moreau, Appert, Casalonga, Dumont et Paul Farcot.

M. J. Hinstin. — *Nouveau système de foyer fumivore appliqué aux fours industriels, chaudières et foyers domestiques;* toutes les communications qui ont trait à la question de la fumivorité sont écoutées avec vif intérêt. Elles sont plus que jamais à l'ordre du jour, comme le prouve la nomination, par M. le préfet de la Seine, d'une Commission de neuf membres ayant pour objet d'ouvrir un concours entre les constructeurs et les inventeurs sur les meilleurs moyens à employer pour éviter la fumée des fourneaux de générateur de vapeur.

Nous pouvons regretter qu'un seul Ingénieur Civil fasse partie de cette Commission, mais le choix qui a été fait de M. Brûll, notre ancien Président, si distingué et si compétent, sera ratifié de tous. Nos intérêts sont en bonnes mains. *(Applaudissements.)*

M. de Marchena. — *Traction mécanique des tramways;* étude comparée des différents modes de traction. Elle donnera lieu, à une des prochaines séances, à une discussion depuis longtemps attendue.

M. G. Collin. — *Compte rendu du concours des voitures automobiles;* question très intéressante et parfaitement exposée par notre jeune et sympathique Collègue.

M. Merveilleux du Vignaux. — *L'artillerie à tir rapide en France : les canons Canet;* exposé digne de l'invention. L'Ingénieur Civil est dans son domaine, même dans les questions d'artillerie. M. Canet nous en donne une nouvelle preuve. Le Gouvernement de la République vient de reconnaître ses services, en lui donnant la rosette d'officier de la Légion d'honneur. *(Bravo! Bravo! Applaudissements prolongés.)*

M. F. Chaudy. — *Calcul des plaques élastiques minces et rôle des tirants dans les poutres en ciment armées.*

M. Compère. — *Expériences sur la condensation des machines à vapeur à différentes températures;* en montrant qu'on peut réduire de près de moitié la consommation d'eau d'injection, sans augmenter sensiblement la consommation de charbon, M. Compère a rendu un grand service aux industriels.

M. D. Federman. — *Sur la détermination expérimentale de la tension des tirants dans les voûtes, d'après l'Ingénieur G.-J. Ferria, de Turin.*

M. G. Richard. — *Projet d'unification du filetage et des jauges;* notre Collègue a fait ressortir clairement les avantages qui résulteront de cette unification.

Je rappellerai à cette occasion, à la Société, la lettre qu'elle a reçue de M. Egleton au sujet d'une jauge internationale.

M. de Dax. — *Foyer fumivore système Boileau.*

Du même : *Torpilleur de haute mer « Le Chevalier »;* les qualités de ce torpilleur ont été parfaitement mises en lumière par notre Secrétaire Général. La grande vitesse, l'absence de vibrations font le plus grand honneur à son constructeur, notre distingué Collègue, M. Normand.

III[e] SECTION

Travaux géologiques. — Mines. — Métallurgie.

M. Baudon de Mony. — *De l'origine des courants atmosphériques et marins. Théorie et appareil de M[gr] Rougerie, évêque de Pamiers. Influence prépondérante de la rotation du globe;* M[gr] Rougerie, qui nous a fait l'honneur d'assister à la séance, a reproduit sous nos yeux, à l'aide de ses appareils, tous les courants marins et nous a tous littéralement tenus sous le charme.

M. Ed. Monet. — *Application de la photographie à la topographie. — Nouvelles solutions d'altimétrie au moyen des règles hypsométriques.*

M. D. Federman. — *L'anthracite au val d'Aoste.*

M. Hart. — *Note sur l'application de l'aluminium aux constructions navales;* exposé plein d'intérêt d'une branche toute nouvelle de l'industrie. L'aluminium recevra certainement de nombreuses applications et nous sommes heureux que M. Hart veuille bien nous tenir au courant.

M. de Longraire. — *Les séismes et volcans;* travail considérable dans lequel sont exposées les différentes théories actuelles permettant d'expliquer certains phénomènes séismiques.

M. A. Lencauchez. — *Four d'affinage basique (dit Martin perfectionné);* à la suite de cette communication, différentes observations ont été présentées par MM. S. Jordan, Euverte, Rémaury, et la Société a reçu une lettre de M. Walrand. Enfin, M. Rémaury nous a rendu compte d'un ouvrage sur la *Fabrication de la fonte,* de M. de Billy, et M. Pourcel nous a remis sur ce sujet une note complémentaire.

IV[e] SECTION

Physique. — Chimie industrielle. — Divers.

M. Ch. Casalonga nous a fait une analyse très complète de la *nouvelle loi sur les brevets d'invention en Danemark,* il a fait ressortir sa ressemblance avec la loi allemande sur la même matière, montré les inconvénients de l'examen préalable par la Commission des cinq membres qui prend toutes les décisions et condamne le refus du droit au brevet pour le fonctionnaire.

La loi française est plus libérale et remplit mieux le but de récompenser les services rendus, suivant la devise d'Arago.

M. G. Féolde. — *Étude économique et juridique sur les grèves;* dans ce travail considérable, notre très érudit Collègue montre les maux que les grèves, comme les guerres, entraînent à leur suite. Patrons et ouvriers, qu'ils soient vainqueurs ou vaincus, en sortent meurtris, et il faut des années pour panser les plaies. Il expose ce que l'on peut tenter pour

amoindrir leurs effets, et, ce qui est mieux encore, ce qu'on peut faire pour les éviter.

M. Ch. Lucas. — *Communication sur la caisse de défense mutuelle des Architectes;* M. Ch. Lucas nous a vivement intéressés en nous entretenant d'une œuvre destinée « à protéger une classe de travailleurs appartenant à une profession libérale ». Cette question intéressait autant les Ingénieurs Civils que les Architectes dont les missions ont, du reste, bien des points de contact.

M. C. Desouches. — *Note hygiénique des chauffages des voitures;* l'auteur a fait ressortir l'insuffisance des chaufferettes à eau chaude, les inconvénients des chaufferettes ordinaires à charbon, et a montré qu'on pouvait supprimer ceux-ci en plaçant la chaufferette à charbon en dehors de la voiture, les gaz de la combustion se dégageant à l'extérieur.

Ve SECTION

Électricité.

Cette nouvelle Section prend, dans nos travaux, une part de plus en plus considérable.

Notre sympathique ancien Président, M. Buquet, a présenté à la Société le *Guide pratique d'électricité industrielle* de MM. G. Dumont et Baignères.

Cet ouvrage a rendu et rendra de grands services, en guidant les Ingénieurs dans toutes les applications pratiques de l'électricité.

M. G. Dumont, en son nom personnel et au nom de ses Collaborateurs, MM. Baignères et Lencauchez, nous a présenté, avec une haute compétence et un véritable talent d'exposition, une étude remarquable sur le *Transport de l'énergie à grande distance par l'électricité et sur les transmissions électriques par courants continus.*

De son côté, un de nos jeunes Secrétaires les plus actifs, M. Lavezzari, nous a fait une communication très intéressante sur *Différentes installations électriques en Suisse.*

Divers.

Parmi les communications diverses, je rappellerai l'analyse du très pratique ouvrage de M. E. Sauvage sur les *Machines locomotives*, par M. G. Richard ;

Et du même, une analyse de l'ouvrage de M. Henri Maréchal sur *l'Éclairage à Paris.*

M. G. Dumont nous a donné une analyse de la *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893*, de MM. Grille et Falconnet;

M. Aron, une *Notice sur l'Association du Musée des photographies documentaires.*

Nous avons reçu une lettre de M. Goldschmitt, à propos de la *Régularisation du Danube ;*

Et une autre de la Société de Géographie de l'Est, pour *l'Examen du projet de la carte de la terre au millionième.*

Faits divers.

Enfin, je vous rappellerai, Messieurs, que la Société a été invitée à assister à l'inauguration du *Monument élevé en Italie à la mémoire du Commandeur Brisse ;*

Et qu'elle était dignement représentée à la cérémonie de l'*Inauguration de la statue de Durand-Claye*, dont les travaux d'assainissement sont bien connus. Vous n'avez pas oublié les belles paroles que M. Trélat, notre distingué ancien Président, a prononcées à cette occasion.

La Société a reçu de M. le Docteur Dunand une fort belle *Médaille frappée à l'effigie de Colladon.*

Elle a envoyé elle-même aux Ingénieurs des États-Unis, en souvenir de la manière charmante dont la délégation de ses membres, conduite par notre sympathique Vice-Président, M. Rey, avait été reçue, une *Médaille commémorative*, qu'elle doit à M. Robineau.

Exposition de 1900.

Cinq ans à peine nous séparent du grand rendez-vous que nous avons donné à tous les peuples avec qui nous vivons et voulons vivre en paix.

Préparons-nous dès à présent et tâchons de nous montrer dignes des Ingénieurs de 1889.

Vous avez parmi vous le distingué Directeur général de l'exploitation de cette Exposition, M. Delaunay-Belleville, et vous l'avez appelé à la vice-présidence. Sa présence m'est un garant de vos succès futurs. Déjà, le Jury nommé pour examiner les œuvres des concurrents, et dont votre Président a eu l'honneur de faire partie, a prononcé son jugement. Il n'a pu, malheureusement, récompenser tous ceux qui méritaient d'être récompensés, mais vous aurez sans doute constaté avec plaisir que les trois projets qui ont reçu les premiers prix comportent la conservation des œuvres des Ingénieurs Civils. *(Très bien ! Très bien !)*

Monument Flachat.

Depuis longtemps déjà, la Société avait formé le projet d'élever un monument digne d'elle, digne de lui, à l'Ingénieur éminent que, par sept fois différentes, elle appela à l'honneur de la présider.

Un de nos anciens Présidents, M. Gottschalk, toujours jeune de cœur et d'esprit, s'est attaché à faire aboutir ce projet et y a réussi. *(Très bien ! Très bien ! Applaudissements.)*

En quelques jours, une somme de 35 000 *f*, dans laquelle la Société entre pour 5 000 *f*, a été réunie. Une Commission permanente des anciens Présidents, ayant à sa tête le Président en exercice, a été constituée ; elle s'occupe, en ce moment, de tracer un programme qu'elle mettra rapidement à exécution, avec l'aide de quelques Collaborateurs qu'elle s'est adjoints, et notamment de notre Collègue, M. Level, maire du XVII[e] arrondissement, à l'obligeance de qui on ne recourt jamais en vain.

Permettez-moi, Messieurs, de rappeler ici que la souscription est toujours ouverte, et qu'il importe qu'au moment où l'Exposition de 1900 va s'ouvrir, notre manifestation soit celle de la totalité des Ingénieurs Civils de France.

Situation financière.

Notre dévoué Trésorier, M. Couriot, nous a fait, à la séance du 21 décembre, l'exposé de la situation financière de la Société.

Elle est des plus prospères, grâce à ses soins et à ceux de notre actif et intelligent Secrétaire Général, et nous avons pu enregistrer cette année le demi-million. Saluons-le, car nous ne le reverrons pas, j'en suis sûr, mais nous verrons bientôt le million. Vous pouvez tous y contribuer, mes chers Collègues, en nous aidant à recueillir de nouvelles adhésions.

Bibliothèque.

Nous avons publié, en 1894, le *Catalogue complet des ouvrages et publications*. C'est un travail considérable, que le zèle infatigable de notre Secrétaire Général et de M. Pied a seul permis de mener à bonne fin.

La Société a été heureuse de pouvoir donner à M. de Dax et à ses Collaborateurs des témoignages de sa satisfaction.

La Commission de la Bibliothèque a décidé l'achat de quelques ouvrages importants ; mais elle se trouve arrêtée, non pas tant par la dépense que par l'impossibilité où nous nous trouvons de loger les ouvrages.

Cette question est évidemment liée à celle de :

L'Hôtel de la Société.

Écoutant le conseil qu'un de nos anciens Présidents, M. P. Buquet, donnait, ici même, à ses successeurs, en 1893, j'ai provoqué la nomination d'une Commission permanente ayant pour but l'étude de cette question.

Cette Commission a fonctionné pendant toute l'année ; elle s'est occupée d'une manière spéciale de la vente de l'hôtel actuel, et, si les négociations qu'elle avait nouées à cet égard n'ont pas abouti, ce n'est certes pas sa faute. Nous lui devons des remerciements très sincères, et nous sommes certains que son zèle éclairé la conduira au succès. *(Applaudissements.)*

J'ai fini, Messieurs et chers Collègues, ce long exposé, et je me demande si je n'ai pas abusé de votre patience, après avoir tant promis d'être bref. Excusez-moi, je vous prie, et réfléchissez que, si je suis coupable de longueurs, vous êtes bien un peu, de par l'abondance de vos travaux, complices de ma faute.

Il me reste à vous remercier, et je le fais du fond du cœur. Vous m'avez appelé à l'insigne honneur de présider à vos travaux ; je me suis assis sur ce fauteuil, où tant d'Ingénieurs illustres m'avaient précédé, non sans une appréhension bien vive, non sans une crainte bien naturelle de rester au-dessous de ma tâche. Mais, j'ai trouvé, dans les Membres du Bureau — vice-Présidents, Trésorier et Secrétaires, — des Collaborateurs si actifs et si dévoués, auprès des Membres du Comité un concours si empressé, auprès de vous tous, Messieurs, un accueil si bienveillant, une indulgence si amicale, que l'accomplissement de ma mission s'en est trouvé singulièrement facilité. Joignez à cela que la grande

expérience de notre très laborieux Secrétaire Général m'a permis de me décharger sur lui d'une partie de la besogne, et vous constaterez avec moi qu'il ne reste à votre Président d'autre mérite que celui d'un dévouement absolu aux intérêts de la Société, dévouement qu'il emportera avec lui dans sa retraite et dont il cherchera à vous donner la preuve en continuant à vous consacrer le plus de temps possible. *(Applaudissements.)*

(S'adressant à M. Léon Appert, nouveau Président) :

Et maintenant, mon cher Président, je veux vous dire combien je suis heureux que ce soit à vous que j'aie à céder ce fauteuil, où vous appelle la presque unanimité des suffrages de notre dernière Assemblée générale.

La Société ne pouvait faire un meilleur choix. Vous en faites partie depuis trente-cinq ans ; depuis sept ans, vous êtes du Comité et vous prenez une part active à ses travaux.

En vous désignant pour la Présidence, vos Collègues ont voulu vous donner, en outre, une preuve de l'estime et de la considération qu'ils ont pour l'Ingénieur aussi éminent que modeste, qui a fait faire de si grands progrès à l'industrie de la verrerie, à l'artiste qui a su restaurer les anciens vitraux de nos principales cathédrales, à l'inventeur de tant de procédés nouveaux et ayant principalement pour but d'améliorer l'hygiène de l'ouvrier verrier, noble ambition que l'Académie des Sciences a récompensée en vous accordant le prix Montyon.

Je dois aussi ajouter que la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale vient de vous nommer vice-Président.

En vous félicitant de ces nominations, je félicite aussi l'Assemblée du choix éclairé qu'elle a su faire.

Nos Collègues sont, comme moi, impatients de voir arriver le moment où ils vous donneront, par leurs applaudissements, les premiers témoignages de leur dévouement et de leur sympathie, et je vous invite, en conséquence, à prendre place au fauteuil de la Présidence. *(Bravo ! Bravo ! applaudissements prolongés et répétés.)*

M. Léon Appert, nouveau Président, après avoir serré la main de M. G. du Bousquet, prend place au fauteuil et prononce le discours suivant :

Merci, mon cher Président, des éloges que vous venez de me décerner et qui, émanant de vous, me sont particulièrement sensibles.

Si les paroles trop flatteuses que vous venez de m'adresser n'excèdent pas l'expression de votre pensée, elles dépassent bien certainement l'importance de mes mérites.

Mais ne serait-ce pas bien plutôt à moi, profitant de la faculté qu'ont bien voulu me donner nos Collègues, de prendre la parole aujourd'hui, pour vous retourner ces éloges que votre modestie ne recherche pas, mais que votre haute valeur, si appréciée aussi bien en France qu'à l'étranger, m'oblige d'une façon si agréable pour moi, de vous adresser à mon tour. *(Très bien. Applaudissements.)*

Ce n est pas seulement en mon nom personnel que je dois vous remercier, je méconnaîtrais les sentiments des Membres de la Société qui vous ont vu à l'œuvre, si je ne le faisais en même temps comme leur interprète pour les services que vous lui avez rendus en dirigeant ses travaux d'une façon si ferme et si judicieuse pendant l'année qui vient de finir. Merci donc doublement. *(Bravo! Bravo! Applaudissements.)*

Messieurs et chers Collègues,

C'est en vain que je chercherais à dissimuler l'émotion que j'éprouve en prenant place à ce fauteuil que, d'une façon si flatteuse, vous m'avez appelé à occuper et sur lequel j'ai vu siéger avec tant d'autorité avant moi les plus éminents d'entre nous.

Je ne pouvais aspirer à un honneur plus grand que celui que vous me faites aujourd'hui et que je regarde comme la plus haute récompense qu'un ingénieur puisse recevoir de ses pairs et comme le suprême couronnement de sa carrière; je ne peux mieux vous en remercier qu'en vous en témoignant ma plus sincère et légitime reconnaissance.

L'indépendance bien connue de vos opinions, que ne sauraient guider d'autres considérations que l'intérêt de votre Société et l'intégrité de sa réputation, donne une valeur plus grande encore aux choix que vous faites ; je suis fier d'en avoir été l'objet cette année et confus en même temps quand je mets en regard les faibles mérites qui m'ont valu vos bienveillants et si nombreux suffrages.

Je ne me recommandais pas à vous, comme certains de mes prédécesseurs, par cette variété de connaissances ou ces nombreux travaux qui font de leurs auteurs de véritables encyclopédistes en matière de génie civil; très spécialisée, au contraire, ma modeste carrière d'Ingénieur s'est accomplie dans une industrie relativement restreinte, si je la compare surtout à toutes les grandes industries et aux vastes entreprises françaises, européennes même, dans lesquelles un si grand nombre de nos anciens et nouveaux Présidents ont par l'importance des services rendus à l'intérêt public augmenté la réputation et l'éclat, j'ose dire la gloire de notre Société. *(Très bien. Très bien. Applaudissements.)*

La tâche dont vous m'honorez n'en est pour moi que plus difficile à remplir ; je m'y serais dérobé si je n'avais pensé que ces témoignages d'estime et de sympathie ne s'adressaient pas seulement à moi, mais voulaient honorer en ma personne l'industrie entière qui depuis plusieurs années a bien voulu me charger de la représenter devant les pouvoirs publics et d'en soutenir les intérêts ; et, à ce titre, comptant sur votre concours et vos conseils bienveillants, et si lourde que fût cette tâche, j'ai dû l'accepter.

Je dois, suivant l'usage, vous entretenir d'un sujet général touchant à notre profession ; pour le faire de façon convenable et suffisante, à mes yeux, je me trouve dans un véritable embarras : le sujet que je connais le mieux est celui traitant de l'industrie du verre, mais, outre qu'il est bien trop spécial pour prêter à développements et pour permettre de soutenir votre attention, quelque bienveillante qu'elle soit, je ne pourrais le faire sans nuire, sur bien des points, à des intérêts professionnels qu'aucun de vous ne saurait me reprocher de vouloir respecter.

Qu'il me soit du moins permis de rendre incidemment hommage à cette industrie, pour moi d'adoption, qui par son ancienneté remonte aux plus antiques souvenirs de l'humanité, qui par la variété sans cesse renaissante de ses applications rend tous les jours de nouveaux services à la science, à l'art, à la civilisation, et qui, par sa tradition, conserve un caractère quelque peu mystérieux fait pour toujours éveiller et entretenir la curiosité humaine.

Notre très sympathique Président vous a parlé en termes émus de notre cher et regretté Collègue Charles Herscher dont la place eût été ici aujourd'hui ; laissez-moi, comme Collègue et Collaborateur, et comme ami, laissez-moi, dis-je, joindre mes regrets personnels à ceux si bien exprimés avant moi.

Charles Herscher vous aurait parlé avec une compétence toute spéciale des questions si intéressantes et, pourrais-je dire, si brûlantes de l'hygiène moderne, dans lesquelles il avait acquis une notoriété bien justifiée. J'ai pensé pouvoir choisir un sujet s'y rattachant quelque peu et vous entretenir en spectateur attentif, quelquefois compétent, des conditions de la vie moderne, des améliorations qui y ont été introduites, et du rôle si important qu'ont joué les Ingénieurs, directement ou d'une façon détournée, dans les moyens employés pour les obtenir.

A une époque où les plus graves problèmes relatifs à l'organisation sociale sont journellement abordés, et que pour les résoudre il ne serait plus question que d'en bouleverser les bases, il n'est peut-être pas hors de propos, quelque grande que soit la témérité qu'il y ait de ma part à le faire, de rappeler les progrès accomplis et le chemin parcouru pour se rapprocher d'un idéal que les conditions essentielles de la nature humaine rendent de plus en plus chimérique et de moins en moins facile à réaliser.

Dans toute nation civilisée, la protection de la vie humaine doit être la première, et, en tout cas, l'une des plus importantes préoccupations de celui ou de ceux préposés à sa direction.

La tendance, pour ainsi dire fatale, qu'éprouvent les agglomérations humaines à s'augmenter sans cesse en rendent la nécessité encore plus impérieuse par la multiplicité des dangers qui croissent avec elle.

La pratique intelligente et strictement observée de l'hygiène, cette science si simple par sa définition et par ses moyens, et qui consiste à savoir par sa prévoyance se protéger contre la maladie, suffit pour l'obtenir d'une façon efficace.

Observées dans une certaine mesure par les anciens, les règles de l'hygiène la plus élémentaire paraissent avoir été longtemps ignorées de nos ancêtres, car, jusqu'au XII^e^ siècle, l'assainissement des villes même les plus populeuses et placées dans les pires conditions de salubrité était encore chose inconnue ; Paris en particulier qui, par sa position sur les rives de la Seine et par l'importance de sa population, semblait devoir attirer plus particulièrement l'attention, restait d'une insalubrité déplorable : ses rues mal pavées, quand elles l'étaient, devenaient autant de cloaques nauséabonds constamment alimentés par les résidus de toute espèce et les déjections de ses habitants, le seul moyen pour s'en débarrasser étant, faute de dispositions quelconques prises à cet

effet, le *tout à la rue*, procédé qui, comme celui appelé à le remplacer quelques siècles plus tard, subissait les critiques véhémentes et autrement justifiées de ceux qui avaient à souffrir journellement de ses éclaboussures.

Ses rues étroites et tortueuses étaient bordées de maisons irrégulièrement alignées qui, par la proximité de leurs façades et par leur élévation, privaient les locaux habités qui les composaient de lumière et d'air.

L'hygiène personnelle n'était pas mieux observée que celle de l'habitation; les soins personnels, même dans la classe aisée, étaient à peine pratiqués. Aussi la santé publique avait-elle à souffrir d'une façon continuelle de cet état déplorable dont on paraissait du reste peu se préoccuper : certaines maladies inconnues aujourd'hui, telles que la lèpre, existaient à l'état permanent.

Des épidémies formidables par leur durée et par l'importance du nombre de leurs victimes, décimaient la population à époques pour ainsi dire régulières.

Au XV^e^ siècle, cinq épidémies graves avaient éclaté; l'une d'entre elles avait fait, à elle seule, 40 000 victimes.

Au XVI^e^ siècle, la situation ne semblait pas s'être améliorée, loin de là, car le nombre des épidémies était encore plus grand; une épidémie de peste qui avait éclaté en 1580 avait fait en deux années 100 000 victimes, suspendant la vie publique par la terreur dont étaient envahis les habitants, pendant des semaines et même des mois.

Cette situation ne devait s'atténuer que progressivement, après que furent commencés ces grands travaux d'édilité dont nous voyons la continuation encore aujourd'hui.

De toute antiquité, personne ne l'ignore, les grands travaux publics ont exercé une influence féconde sur la santé publique. Les hygiénistes ont coutume de dire que l'état sanitaire d'une ville tient, pour une large part, à l'amenée d'eaux pures, à l'abri de toutes souillures, ainsi qu'à la bonne installation des canalisations destinées à l'évacuation des matières usées. C'est aux travaux si considérables que les Romains développaient sur tous les territoires où se portaient leurs incursions, afin de jouir de ces deux avantages, que l'on attribue, en grande partie, leur fortune; les vestiges qu'ils nous ont laissés commandent en tout cas notre admiration et nous servent encore de modèles.

Assurément, avec les progrès généraux de la civilisation et aussi avec les développements chaque jour plus puissants du sentiment de la solidarité, la vie humaine a augmenté de durée. A en juger par les chiffres recueillis avec soin dans divers pays scandinaves, elle se serait accrue de près de dix années depuis un siècle; mais combien nous la voyons s'accroître et la mortalité diminuer lorsqu'on s'est résolu, dans une cité ou dans un pays, à y aménager les moyens de salubrité dont nous parlions à l'instant et dont la réalisation est essentiellement du domaine de l'ingénieur et de l'architecte.

Voilà près de cinquante ans, qu'en Angleterre on a posé les bases du génie sanitaire et adapté aux besoins de la population une organisation administrative spéciale, ayant essentiellement pour programme et pour but la salubrité de l'habitation, l'assainissement de l'agglomération et

la prophylaxie des maladies transmissibles. Là encore, on s'est efforcé d'amener de l'eau pure, d'éloigner immédiatement et avant toute fermentation, de la maison et de la ville toutes les immondices, toutes les matières salies par la vie journalière. Là encore on a demandé aux Ingénieurs et aux Architectes de donner la solution pratique de tous ces problèmes. L'Allemagne d'abord, la Belgique, la France, puis l'Italie et les autres puissances ont suivi ce mouvement, dont elles pouvaient apprécier peu à peu les immenses avantages.

Bientôt s'est constitué cet outillage dont il a été maintes fois question ici, à l'élaboration duquel Charles Herscher avait voué toute son activité et toute son intelligence, et dont nous avions tous présents à la pensée les multiples spécimens et l'ingéniosité lors de nos importants débats sur l'assainissement de Paris.

Or, Messieurs, les succès ainsi obtenus sont indéniables aujourd'hui.

L'Angleterre, depuis que des médecins, des ingénieurs et des architectes sanitaires sont spécialement chargés des travaux d'assainissement et qu'ils appliquent les prescriptions des lois qui protègent la santé publique, a vu sa mortalité annuelle descendre dans une telle proportion qu'elle ne parait pas dépasser actuellement 22 pour 1 000 dans l'ensemble du territoire. De même dans les autres pays où pareilles pratiques sont entrées dans la législation et peu à peu ensuite dans les mœurs.

Sans vouloir rechercher des exemples trop éloignés, ne savons-nous pas que l'assainissement de nos villes en chasse, pour ainsi dire, la fièvre typhoïde, que les grands travaux d'assainissement, de dessèchement et de mise en culture de nos campagnes ont supprimé les fièvres dans les Landes, dans la Sologne, dans les Dombes, en Algérie, etc.; le Professeur Brouardel a établi avec la plus grande précision combien la mortalité typhique s'atténuait et cessait même lorsque l'eau d'alimentation était pure et l'atmosphère assainie. Le regretté Durand-Claye a corroboré cette manière de voir en ajoutant que partout où l'habitation, la voie publique et son sous-sol cessaient de recevoir des émanations empestées, les maladies de malpropreté domestique, les épidémies ne se développaient plus et ne trouvaient plus que des moyens difficiles de propagation. Les rapports annuels de notre Ministère de la Guerre témoignent des progrès graduellement réalisés dans la santé des troupes par l'hygiène du casernement, de mieux en mieux assuré et par la surveillance des eaux d'alimentation. Il n'est pas jusqu'à la généralisation des procédés de désinfection, destinés à détruire, dans les objets et les logements contaminés, les germes et les maladies transmissibles dont Pasteur a si merveilleusement et si sûrement fait l'analyse et spécifié les caractères et les transformations, il n'est pas, dis-je, jusqu'à la généralisation de ces moyens qui n'ait augmenté dans une proportion jusqu'ici inconnue, nos chances de vie et diminué nos causes de mort.

Voyez, Messieurs, ce qui se passe autour de nous, à Paris même, dont je vous parlais tout à l'heure. Qui ne s'aperçoit des heureuses transformations que ne cesse de subir notre grande capitale? Sa voie publique n'a jamais été plus propre ni plus nette; l'eau potable, d'excellente qualité, commence à desservir à profusion tous les quartiers et tous les

étages; la transformation de nos habitations, au point de vue de l'évacuation des matières usées, se poursuit et va surtout se poursuivre avec activité et persévérance; notre fleuve, déjà graduellement assaini depuis un siècle, va se nettoyer de plus en plus; de grandes percées, des squares et des promenades en plus grand nombre balaient et changent l'atmosphère; les désinfections se multiplient et se pratiquent dans presque tous les cas de maladies contagieuses; et graduellement notre mortalité baisse; elle était il y a dix ans de 24 pour 1 000 en moyenne; elle ne dépassera pas 20 pour 1 000 en 1894; nos maladies transmissibles diminuent et lorsqu'une épidémie vient à éclater, presque toujours importée du dehors, elle ne dure plus un ou deux ans comme autrefois: c'est à peine si elle subsiste quelques mois.

Ce sont là de beaux triomphes pour l'hygiène publique; nous savons combien notre art y a été associé et comment il s'efforce de rendre les mesures qui en sont l'un des éléments, plus faciles et plus sûres.

J'ai prononcé tout à l'heure le nom de Pasteur, permettez-moi, Messieurs, à l'occasion même de ces travaux dont je vous ai entretenus, de rendre un hommage de haute et respectueuse reconnaissance à ce savant illustre, à ce philanthrope, que nous sommes heureux de compter au nombre de nos membres honoraires, qui, par ses découvertes empreintes de la marque du génie le plus pur et le plus désintéressé, a rendu les services les plus grands qu'il ait été donné à un homme de pouvoir rendre à ses semblables; en l'honorant, nous honorons notre pays et notre Société. *(Applaudissements.)*

Pourquoi n'appellerais-je pas en même temps votre attention sur les méthodes qu'il a employées et à l'aide desquelles il a fondé cette doctrine microbienne d'une si haute portée par la généralisation dont elle s'est montrée déjà susceptible et si féconde par les résultats qu'elle a donnés en fournissant les moyens prophylactiques et curatifs des maladies les plus épouvantables qui puissent atteindre la nature humaine, incurables jusque-là.

L'auxiliaire de ces découvertes a été le microscope dont l'élément indispensable est le verre. que ses propriétés optiques permettent seules d'utiliser pour sa construction.

J'ai attiré votre attention avec une certaine complaisance, ce dont vous m'excuserez, je l'espère, sur les services rendus par le verre en cette circonstance, mais ce ne sont pas les seuls que j'aurais à vous signaler, en dehors de ceux qu'il peut et doit rendre au point de vue de l'hygiène, par ses qualités d'inaltérabilité et d'imperméabilité. Quels autres services n'est-il pas permis d'espérer de lui encore, si, permettant par exemple d'établir par les observations télescopiques dont il est l'élément primordial une corrélation entre les phénomènes astronomiques et les phénomènes météorologiques, il rendait possible la prévision des temps indispensable pour protéger les navigateurs contre les chances d'accident et de mort auxquels ils sont exposés journellement.

Le verre par l'étude des infiniment petits et l'observation des infiniment grands aurait donc ainsi rendu à l'humanité des services en raison desquels nulle autre matière ne pourrait lui être comparée.

Enfin, par son emploi dans la construction des phares et des appareils

destinés à protéger les navires et à les guider dans leur marche, le verre se recommande encore à nous; je n'ai pas à insister sur l'importance des services de tout ordre qu'il rend ainsi à chaque heure, sur tous les points du globe.

Messieurs, je ne vous ai entretenus jusqu'ici que de l'hygiène urbaine; l'hygiène industrielle, par la part que les Ingénieurs prennent tous les jours à son emploi, ne nous touche et ne nous intéresse pas moins.

En dehors des préoccupations journalières que nous éprouvons à son sujet et des soins donnés par chacun de nous dans le but de rendre effective dans nos ateliers et dans nos usines la protection du travail contre les accidents, pourrais-je dire, d'ordre mécanique, quelle est l'industrie qui n'ait eu à bénéficier de son emploi et de l'observation raisonnée de ses prescriptions?

Quand le législateur, prévoyant les défaillances possibles, a cru devoir réglementer d'une façon spéciale cette partie si intéressante des conditions du travail et de l'organisation intérieure des usines, c'est à vous, Messieurs, qu'il a dû demander le plus souvent les éléments nécessaires pour édicter ces prescriptions préservatrices, d'une façon conforme aux besoins de chaque industrie, prenant le plus souvent pour modèle ce que vous aviez fait vous-mêmes et que, seul ou collectivement, vous aviez reconnu comme le plus favorable aux intérêts de ceux que vous aviez mission de défendre et de protéger.

Là encore vous avez aidé par la pratique de l'hygiène professionnelle à obtenir ces résultats si favorables et intéressant si directement la vie humaine.

Mais, Messieurs, quelque bienfaisantes et salutaires qu'aient été ces mesures d'hygiène dans leur ensemble, elles n'auraient pas suffi seules pour les obtenir, l'augmentation du bien-être général en a été le corollaire et le stimulant tout à la fois, conséquence d'une inéluctable logique des progrès de la science, et de la vulgarisation de ses méthodes.

Les lois dont les savants faisaient la découverte et particulièrement celles touchant à la thermochimie et à la thermodynamique en ont été les principaux éléments auxquels il a fallu, pour y arriver, le concours des Ingénieurs, qui, par les applications toujours pratiques et souvent imprévues qu'ils ont su en faire, ont modifié profondément les conditions de la production industrielle.

L'emploi de la vapeur comme source de chaleur et de puissance dynamique a été le premier et le plus important facteur de ces rapides et merveilleuses transformations de l'outillage moderne.

La machine à vapeur si ingénieuse et d'une utilité si incontestable au moment de sa création était un outil encore imparfait et relativement coûteux, les perfectionnements qu'on apportait successivement à sa construction en y appliquant ces lois mieux connues en rendait l'usage de jour en jour plus économique et de la machine atmosphérique de Newcomen, consommant par cheval en eau montée et par heure, 13 *kg* de houille, on arrivait à la machine à vapeur de manufactures consommant par cheval mesuré au frein 750 *g* de houille, 700 *g* même pour des machines élévatoires de grande puissance, se rapprochant ainsi d'une façon progressive du rendement indiqué par la théorie.

Les perfectionnements apportés à la locomotive n'étaient pas moins grands et les résultats aussi saisissants; la locomotive de Stephenson pesant 4 *t* et qui, en 1829, à une pression de 3 *kg*, remorquait à une vitesse de 14 *km* à l'heure un train de 50 *t* en consommant 10 *kg* par cheval effectif était remplacée soixante ans plus tard par la locomotive compound ou à distribution perfectionnée, du poids de 80 *t* qui remorque par monts et par vaux, à la pression de 13 *kg* et avec une consommation de 1,20 *kg*, des trains de 200 *t*, supprimant pour ainsi dire les distances en facilitant les relations et les échanges.

Enfin, appliquée à la navigation, la machine à vapeur prenait des développements analogues et non moins surprenants; la machine à basse pression, à balancier et engrenages de Fulton d'une puissance de 20 *ch* et montée sur le bateau le *Clermont* de 150 *tx* auquel elle imprimait une vitesse de 6 *km* à l'heure, consommait 3,5 *kg* par cheval indiqué, les machines marines modernes à deux hélices, marchant à 12 *kg* de pression, à triple et quadruple expansion et développant 30 000 *ch* en consommant 700 *g* par cheval indiqué, permettent au bateau de 13 000 *tx* qui les porte de franchir les mers à une vitesse de 22 nœuds, véritables cités flottantes réunissant journellement les continents entre eux.

Les modifications profondes que devaient amener ces transformations aux conditions de la production et de l'échange ne tardaient pas à se faire sentir : l'augmentation en quantité et en qualité des matières premières de nature extractive et des objets manufacturés amenés sur les marchés et mis à la disposition du consommateur, l'abaissement de leur prix de revient et de leur valeur marchande, en étaient les conséquences obligées et prévues.

C'est dans l'accomplissement de ces transformations qui ont marqué le point de départ d'une ère nouvelle dans les progrès de la civilisation, que s'est développé et affirmé le rôle des Ingénieurs Civils; les fondateurs de notre Société en même temps que nos maitres vénérés ont attaché leur nom à cette œuvre pleine de grandeur et d'utilité, laissant un souvenir parmi nous qu'il est de notre devoir de rappeler aux générations qui nous suivent.

La statistique des prix des principaux produits nécessaires à l'industrie est utile à connaitre :

S'il s'agit de la houille, ce produit alimentaire de première nécessité pour l'industrie, on est frappé du progressif et énorme accroissement de sa consommation depuis trente ans, et néanmoins, quelque grand et rapide qu'il ait été, sa production n'a cessé de s'accroître dans des proportions telles que sa valeur sur les lieux de production est restée, après des variations momentanées et quelquefois fictives, sensiblement la même.

Son prix moyen de	11,90 *f* en 1855
était de	11,19 *f* en 1885

Sur les lieux de consommation, le prix s'en abaissait même successivement par suite de la diminution du prix des transports, et de 24 *f* en 1855, descendait à 19,75 *f* en 1885.

Par suite des perfectionnements apportés aux méthodes d'exploitation

et d'extraction, et quoique les conditions dans lesquelles elle dût se faire fussent moins favorables, le salaire des ouvriers mineurs ne cessait de s'augmenter; le prix moyen de la journée de 1,94 *f* en 1852, montait à 3,90 *f* en 1880, marquant ainsi une augmentation de 101 0/0.

Par suite de l'application de mesures destinées à garantir la sécurité des ouvriers et de leur stricte observation, le nombre des accidents causés par le grisou diminuait en même temps et de 4,3 pour 10 000 ouvriers en 1877, descendait à 2,3 en 1886.

Si nous passons aux industries métallurgiques, nous constatons pour la fonte et le fer un abaissement rapide de leur prix de revient; l'emploi dans les hauts fourneaux de l'air chauffé à une température de plus en plus élevée, l'augmentation de la pression sous laquelle il y est introduit, l'utilisation plus complète des gaz et la récupération des chaleurs perdues, permettaient d'arriver à une production plus intense et, par suite, plus économique. Le prix moyen de la fonte, de 140 *f* la tonne en 1855, descendait à 52 *f* la tonne en 1885.

S'agit-il du fer, les résultats sont plus frappants encore :

L'utilisation à l'état gazeux des combustibles solides que rendait possible l'emploi des procédés Siemens, la décarburation au cubilot ou sur sole due à Bessemer et à Martin, la déphosphoration sur sole basique de fontes impures, délaissées jusque-là pour cet usage, permettaient d'obtenir à volonté des fers ou des aciers des qualités les plus variées dont l'analyse spectroscopique rendait la reproduction facile.

L'introduction de métaux étrangers en faible proportion venait encore augmenter le nombre de ces aciers et la variété de leurs qualités.

Le fer valant 250 *f* la tonne en 1855, était vendu 143 *f* en 1885.

Les rails en fer fournis aux Compagnies de chemins de fer à 250 *f* la tonne à la même époque étaient remplacés un peu plus tard par des rails en acier vendus au même prix, on sait avec quels avantages au point de vue de la résistance et de la durée.

Ce prix se réduisait encore et n'était plus que de 137 *f* dix ans après.

Par contre, le salaire de l'ouvrier métallurgiste qui était de 2,37 *f* en 1852, avait presque doublé dans le même laps de temps et s'élevait à 4,29 *f* en 1880.

Les autres métaux subissaient des modifications de prix analogues et des diminutions non moins sensibles.

L'emploi de procédés d'épuration nouveaux basés sur l'introduction de métalloïdes ou de métaux, permettait de produire des alliages, se comportant comme de véritables métaux par leur homogénéité et la régularité de leur composition.

L'analyse micrographique et microphotographique venait en même temps en aide au métallurgiste pour l'aider à les différencier et les reproduire.

J'appelle encore une fois votre attention sur les services qu'a rendus le verre dans l'emploi de ces procédés d'analyse si pratiques et en même temps si précis.

Toutes les industries dans lesquelles la production économique de hautes températures est indispensable bénéficiaient de l'emploi des procédés Siemens; les verreries, les glaceries et les usines céramiques

en particulier, réalisaient ainsi des économies de 40 et 50 0/0 sur la quantité de combustible consommée.

Quelle que soit l'industrie envisagée, l'emploi plus judicieux et plus économique des richesses naturelles mises à notre disposition accentuait la tendance à une utilisation de plus en plus parfaite.

Il en est de même des industries chimiques : la soude, qui peut être regardée comme la base de toutes ces industries subissait des réductions de prix elles-mêmes considérables. Les procédés de double décomposition plus simples et plus économiques remplaçaient l'ancien procédé Leblanc et le carbonate de soude qui était encore vendu 45 *f* les 100 *kg* en 1855, descendait à 11 *f* et même à 9 *f* en 1893.

Le sulfate de soude qui, en verrerie, peut suppléer avec avantage le carbonate de soude qui valait 9 *f* les 100 *kg*, n'était plus vendu que 3 *f* en 1893.

Le chlore et ses dérivés, dont la consommation s'accroissait de jour en jour, diminuait de prix dans les mêmes proportions : le chlorure de chaux valant 34 *f* les 100 *kg* est vendu actuellement 20 *f*.

Le salaire des ouvriers attachés à cette industrie augmentait en même temps de 90 à 100 0/0.

Dans les industries textiles intéressantes au point de vue de l'influence du machinisme employé d'une façon croissante pour la filature et le tissage, le salaire subissait une augmentation encore notable quoique moins sensible ; de 2,80 *f* pour les ouvriers tisseurs en 1872, il montait à 3,13 *f* en 1880.

Les prix des tissus nécessaires à l'habillement et au vêtement subissaient des modifications importantes qu'expliquent l'abaissement du prix de la matière première, meilleure et plus abondante, et la diminution de la main-d'œuvre affectée à leur fabrication.

Ces prix marquaient une diminution de 50 à 70 0/0.

Il résulte, comme on le voit, de la comparaison de ces chiffres puisés aux sources officielles que, d'une part, le prix des objets manufacturés a subi une diminution progressive et constante et que, de l'autre, le prix de la main-d'œuvre est en augmentation continuelle, par suite de l'élévation régulière du montant des salaires.

Les modifications ainsi apportées au rapport entre ces deux éléments ont permis, par les ressources plus étendues mises à la disposition du consommateur, de satisfaire à de nouveaux besoins, destinés à leur tour à améliorer les conditions de la vie et à en augmenter par suite la durée.

L'estimation numérique de ces changements apportés aux conditions de l'existence donne pour résultat une augmentation du salaire de 42 0/0 en regard d'une augmentation du coût de l'existence de 25 0/0.

La différence, 17 0/0, représente l'amélioration apportée qui doit se traduire logiquement par une augmentation de l'épargne ; les renseignements recueillis sur les progrès de l'épargne publique viennent confirmer ces résultats.

Les placements en valeurs mobilières et principalement en rentes sur l'Etat se sont multipliés ; les acquisitions de parcelles de terre à un état de division de plus en plus grand se sont accrues ; enfin, comme statistique particulièrement intéressante de la petite épargne, le chiffre des

dépôts effectués dans les caisses d'épargne ont suivi une progression ascendante encore plus marquée.

Le capital déposé qui, en 1855, était de 35 millions de francs, effectué par deux millions de déposants, s'élevait en 1884, c'est-à-dire trente ans plus tard, à la somme de 2 milliards 27 millions, le nombre des déposants étant de 4 700 000.

L'inspection de ces chiffres, qui ne sont que la conséquence naturelle de notre évolution économique, montre une amélioration du sentiment de prévoyance si nécessaire pour assurer l'avenir, et augmenter la sécurité de la vie.

Messieurs, j'ai terminé cet exposé un peu aride et, je le crains, un peu long.

J'ai cherché, en le faisant, à montrer l'influence éminemment favorable que le développement scientifique et industriel, véritable fruit de vos travaux, avait eue sur les conditions de la vie et sur sa durée dans la société moderne; je n'ose espérer y être arrivé. Mais est-ce à dire que tout soit pour le mieux et que l'organisation sociale telle qu'elle existe à l'heure actuelle ne puisse être encore améliorée? Telle n'est pas ma pensée, ni bien certainement la vôtre.

C'est le propre des œuvres humaines d'être toujours perfectibles et nulle autre ne peut être rangée avec plus de raison parmi celles que la société a pour mission de modifier d'une façon incessante et de parfaire.

La science toujours en éveil nous fait espérer qu'elle nous en fournira les moyens, les découvertes récentes nous en donnent la certitude.

L'électricité, ce fluide dont on ne soupçonnait l'existence que par les manifestations qui s'en produisaient au cours des phénomènes météorologiques dont l'atmosphère de notre planète est journellement le théâtre, ce fluide dont nous sommes entourés de toute part et qui accompagne le moindre mouvement des molécules de la matière, vient à point nous en donner les preuves.

L'invention de la pile par Volta, les expériences d'Œrsted et d'Ampère qui ont montré les relations des courants avec le magnétisme, la découverte de l'induction par Faraday que Gramme a rendue applicable à l'industrie, ont permis d'établir les lois générales de la transformation du travail dans les phénomènes physiques, chimiques et même dans les manifestations de la vie.

L'électricité qu'il nous est possible de produire à notre volonté est appelée à devenir dans nos mains l'agent le plus puissant et en même temps le plus souple qui puisse être employé pour obtenir dans le domaine de la physique les phénomènes de chaleur et de lumière avec une intensité qu'il n'a pas été possible d'atteindre avant son emploi, dans le domaine de la chimie, les phénomènes de décomposition et de reconstitution les plus énergiques, dans le domaine de la mécanique, les transformations les plus simples et les plus économiques de la force pour en effectuer le transport et l'utilisation.

L'électricité, par les prémices qu'elle nous donne de ses merveilleuses propriétés, par les services qu'elle a rendus déjà, nous permet de concevoir toutes les espérances qui, d'une réalisation invraisemblable aujourd'hui, peuvent, grâce à votre concours, être une réalité demain.

Le passé pour vous répond de l'avenir. Ce que vous avez su faire comme les pionniers infatigables de la science appliquée et de l'industrie, vous saurez le faire encore et le continuer dans la voie du progrès et de la civilisation pour le bien de l'humanité et la gloire de notre patrie. *(Bravo ! Bravo ! Vifs applaudissements.)*

Mes chers Collègues,

Permettez-moi, en terminant, de faire appel à votre bonne volonté, dont je ne doute pas, et à votre savoir que je connais, pour vous demander de m'aider de votre concours pour la bonne marche des travaux de notre Société.

La grande manifestation qui doit marquer la fin du siècle a déjà donné lieu à des études importantes et à l'élaboration de projets dont nous aurions intérêt à connaître l'économie et les moyens d'exécution. Je ne doute pas que plusieurs d'entre vous ne puissent à ce sujet nous entretenir utilement. De grands travaux d'intérêt public sont en préparation, nous espérons en apprendre prochainement la concession et désirerions pouvoir en suivre les progrès.

Rien de ce qui intéresse notre profession ne doit être étranger à notre Société et nous accueillerons avec une égale faveur et écouterons avec autant d'attention les travaux de science pure ou de science appliquée se rattachant au Génie Civil sous toutes ses formes. *(Très bien ! Très bien ! Applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos collègues :

M. A. Henriot, membre de la Société depuis 1891, s'était occupé d'études de chemins de fer en France, en Algérie et au Chili ; était en dernier lieu Ingénieur des Tramways de Loir-et-Cher.

M. Ch. de Montgolfier, membre de la Société depuis 1860. Son nom est assez connu de tous pour qu'il ne soit pas besoin de rappeler ici combien sa carrière fut fructueuse pour l'industrie du papier dans laquelle il avait conquis la plus juste notoriété.

M. P. Gronsky, membre de la Société depuis 1880. Ancien capitaine du génie russe, M. Gronsky était devenu directeur de la Société du grand réseau des Tramways de Saint-Pétersbourg. Il a trouvé la mort dans le terrible naufrage du bateau le *Vladimir* qui périt récemment sur la mer Noire.

Enfin, M. Ch. Romme, membre de la Société depuis 1851 et par conséquent l'un de nos plus anciens Collègues. Sorti de l'École Centrale en 1838, M. Romme fut pendant de longues années attaché au Chemin de fer du Nord où il était en dernier lieu Ingénieur de la Traction. Après une carrière des mieux remplies, il s'était retiré de la vie active, mais suivait toujours avec intérêt les travaux de notre Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que, dans l'ordre de la Légion d'honneur, M. Canet a été nommé officier, et MM. J. d'Allest, J. Carel, J.-J. Freund et J.-M. Hélaut, chevaliers.

M. Bertrand de Fontviolant a été proclamé lauréat de l'Institut, prix Montyon de Mécanique, pour l'ensemble de ses travaux sur la résistance des matériaux.

M. LE PRÉSIDENT est heureux d'adresser ses félicitations à nos Collègues pour ces distinctions et récompenses si justement méritées.

M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement parmi les ouvrages reçus :

Le fascicule de la *Revue technique de l'Exposition de Chicago* qui a trait aux *Locomotives*, rédigé par notre Collègue, M. Grille, en collaboration avec M. Laborde, et dont M. A. Mallet fait une analyse bibliographique dans le bulletin de décembre.

Une série de documents variés sur le Canada envoyés par notre Collègue et correspondant dans ce pays, M. de Lavallée-Poussin. Ceux qui ont fait en 1893 le voyage des États-Unis se rappellent tous la façon si cordiale dont ils furent reçus et guidés par lui.

Enfin, une *Étude sur la sidérurgie en Haute-Silésie*, de M. Gouvy, et qui est des plus intéressantes.

M. LE PRÉSIDENT informe la Société que le Comité a nommé membre correspondant à Lisbonne, M. E.-H. Boyer, administrateur-directeur des Chemins de fer Portugais.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que le Congrès des Sociétés Savantes de 1895 doit avoir lieu à la Sorbonne du 16 au 19 avril prochain.

Il engage nos Collègues qui désireraient être délégués à ce Congrès, à se faire inscrire au Secrétariat avant le 1er février, date fixée par le Ministre. Il ajoute que le Comité a déjà désigné pour représenter la Société à ce Congrès, MM. J. Fleury, vice-président et MM. H. Chevalier, H. Couriot, E. Gruner et H. Rémaury.

Il est donné lecture, en première présentation, des demandes d'admission de MM. A.-J.-E. Amiot, F.-A. Clerc et L.-Ch. Frémont, comme membres sociétaires.

MM. P. Bloch, A.-J. da Costa Canto, L. Lumereaux, J.-H.-J. Nyveneuse (Nieuwenhuyzen), P. Smith, sont reçus comme membres sociétaires.

Et M. J.-R.-Ch. Lorilleux, comme membre associé.

La séance est levée à 10 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 18 JANVIER 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret de signaler les décès suivants :

M. L. Jambille, membre de la Société depuis 1881. M. Jambille était Directeur général de la Société des Hauts Fourneaux de Maubeuge, Président du Comité des Forges du Nord, Vice-Président du Comité des Forges de France, et Administrateur de nombreuses Sociétés industrielles.

Sa perte sera vivement ressentie et la Société s'associe au deuil qui vient de frapper sa famille.

M. A. Olivier, membre de la Société depuis 1880. Il était très assidu aux séances de la Société et bien connu de tous ses membres dont il avait l'entière sympathie.

Notre Collègue, M. J. Durupt, a prononcé à ses obsèques une allocution où il a rappelé les questions multiples qu'avait abordées Arsène Olivier, questions de locomotion, d'édilité publique, d'art architectural et les problèmes de mécanique pratique qu'il avait approfondis et pour lesquels il avait imaginé et réalisé divers appareils ingénieux et, à une certaine époque, fort répandus.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. E. Polonceau, ancien Président de la Société, a été nommé officier de la Légion d'honneur;

M. N.-A. Maury a été nommé chevalier de la Légion d'honneur;

MM. D. Augé, C. Chômienne, P. Martial, P.-M. Sage et Ch. Zetter ont été nommés officiers d'Académie ;

M. Ed. Gruner a été nommé chevalier de Sainte-Anne de Russie.

Parmi les ouvrages reçus, M. LE PRÉSIDENT signale plus spécialement la *Collection de dispositions et appareils pour éviter les accidents de machines*, publiée par l'Association pour prévenir les accidents de fabrique, à Mulhouse, dont notre Collègue, M. Ch.-F. Pierron, est le Secrétaire Général.

M. LE PRÉSIDENT annonce que le Prix Coignet, qui est décerné tous les trois ans, sera attribué, pour l'année 1898, à la troisième section *(Mines, Métallurgie, Sondages, etc.)*

M. DE BOVET a la parole pour sa communication relative au *Touage électrique des bateaux sur les canaux*. Cette communication sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

M. Carimantrand remarque que M. de Bovet s'est efforcé, dans son système, de supprimer le mécanicien qu'exigent d'autres systèmes de touage mécanique ; cependant il emploie des moteurs électriques ; qui les mettra en marche et les conduira ?

M. de Bovet répond que le marinier aura cette tâche, que d'ailleurs il a déjà eu l'occasion au Brésil de former un personnel de nègres à la conduite d'une installation électrique dans une mine ; il a pu en obtenir très facilement les services nécessaires ; le marinier apprendra bien vite à manœuvrer le commutateur pour obtenir la mise en route, la marche à vitesse normale et accélérée, enfin l'arrêt ; il n'en coûtera d'ailleurs à peu près rien à placer le commutateur à côté du gouvernail, de sorte que le marinier n'aura jamais besoin de changer de poste.

M. D.-A. Casalonga signale des essais faits en France avec un système différent de celui de M. de Bovet ; celui-ci a deux installations, une pour chaque rive du canal ; M. Casalonga pense que l'on pourrait réaliser une économie sur la double chaîne et sur la double canalisation électrique ; il suffirait d'étudier des croisements appropriés.

M. de Bovet répond que si le marinier est capable de conduire un appareil simple, il serait impossible de lui confier le maniement d'organes compliqués comme en nécessiteraient des dispositions du genre de celles dont parle M. Casalonga. D'ailleurs, le prix de l'installation n'est pas très élevé ; M. de Bovet estime qu'il n'atteindra pas 25 000 *f* par kilomètre.

M. L. Rey demande si ce devis correspond à la tension primitivement prévue de 500 volts ou à celle de 100 volts qu'ont imposée, comme l'a dit M. de Bovet, les conditions où ont été faits les essais.

M. de Bovet répond que les calculs correspondent à une tension de 500 volts.

M. le Président remercie M. de Bovet de sa très intéressante communication ; quoique M. de Bovet n'ait pu nous donner qu'un aperçu du prix de revient de la traction sur les canaux par son système, l'importance des lignes dont il a demandé la concession prouve la confiance qu'il a dans les résultats de son application.

L'ordre du jour appelle la *discussion de la communication de M. E. de Marchena, sur la traction mécanique des tramways.*

M. Lesourd, qui s'était fait inscrire pour cette discussion, a adressé la lettre suivante :

« Monsieur le Président,

» J'ai eu l'honneur de vous prier de me réserver la parole dans la discussion de la communication de notre Collègue, M. de Marchena, sur la traction mécanique des tramways.

» Je comptais présenter à la Société des documents absolument complets sur le côté technique et économique de la traction Serpollet.

» Par suite d'un léger retard dans la mise en exploitation en grand de ce système sur certaines parties du réseau des Tramways Nord, je crois devoir ajourner les renseignements en question à une séance ul-

térieure, et je vous serais en conséquence très obligé, Monsieur le Président, de vouloir bien m'inscrire à la suite de l'ordre du jour pour une communication sur la traction mécanique des Tramways par le système Serpollet.

» Veuillez agréer, etc. » G. Lesourd. »

M. P. Regnard a la parole pour son *Étude sur le Rapport de M. de Marchena (Traction mécanique des tramways)*.

M. Regnard commence par démontrer combien, à son avis, la question traitée par M. de Marchena voit grandir son importance aujourd'hui, par suite du récent échec du projet de Métropolitain, qui s'est produit depuis la communication de notre Collègue. Il rappelle à ce sujet que l'opinion émise par notre ancien Président, M. J.-L. Richard, dès 1872, sur l'inutilité d'un Métropolitain tel qu'on le comprend en général, a été reprise par lui en 1892 devant la Société, et depuis dans divers Congrès. Il fait allusion à l'énormité des foules transportées par les tramways mécaniques de Chicago pendant la *Columbian fair*, qui a dû frapper ceux de nos Collègues qui ont pu se rendre à cette Exposition.

Il exprime enfin le vœu qu'il en soit de même pour la grande Exposition qui se prépare à Paris pour 1900, et qu'on développe d'ici là suffisamment les voies de tramways, ainsi que leur traction mécanique, pour éviter les dépenses énormes, improductives et funestes, à son avis, d'un Métropolitain.

Il dit que c'est à juste raison que M. de Marchena indique combien la question de la traction mécanique se pose d'une manière différente, suivant que la ligne est à créer ou déjà établie, et exprime l'avis que pour Paris le principal obstacle au progrès souhaité réside justement dans la remarquable et puissante organisation actuelle de ses moyens de transport en commun, omnibus et tramways, dont aucune capitale d'Europe ne possède l'équivalent, sous le rapport de l'économie et de la commodité.

Quant à la préférence à donner à tel ou tel système de traction, M. Regnard croit devoir repousser *a priori* tous ceux classés par M. de Marchena dans la première catégorie, lesquels ne se prêteraient pas aussi facilement à la solution qu'il préconise, d'avoir des voitures automobiles capables d'en remorquer d'autres au besoin, mais surtout pouvant être mises à volonté en service, sur les diverses parties du réseau, suivant les besoins de la circulation, dont il fait remarquer la variabilité suivant les saisons, les jours, les heures même.

M. Regnard passe ensuite en revue, chapitre par chapitre, le mémoire si remarquablement documenté de M. de Marchena.

A propos du système funiculaire, il fait ressortir le succès indéniable, en dépit des plaisanteries et des légendes, qui s'est désormais attaché au funiculaire de Belleville, établi dans les conditions les plus difficiles qu'on pût rencontrer; succès suffisant, suivant M. Regnard, pour démontrer que la traction mécanique est possible, *a fortiori*, partout.

Il rappelle pour mémoire le système Agudio, présenté à notre Société il y a déjà longtemps, et qu'il croit susceptible d'être repris avec quelques perfectionnements.

Relativement aux systèmes à trolley, pour lesquels M. de Marchena

indique les inconvénients de la transmission nécessitée par la vitesse considérable des dynamos, M. Regnard pense qu'on pourrait y substituer un dispositif rappelant celui que M. Conelly a employé pour son tramway à gaz ou à naphte.

En ce qui concerne le système des moteurs automobiles à accumulateurs, M. Regnard constate qu'il semble préféré par le public, mais aussi parait le plus coûteux de tous; il estime que des progrès sont réalisables sur l'état de choses actuel, notamment pour le rechargement des accumulateurs.

La traction à l'aide de l'air comprimé semble à M. Regnard le meilleur des systèmes actuellement en usage et ayant fait leurs preuves. Fonctionnant parfaitement depuis quinze ans à Nantes, ce système est appelé, dans son opinion, à un éclatant succès à Paris. M. Regnard signale, dans un ouvrage offert par M. Lencauchez à la Société, de curieux aperçus de MM. Andraud et Tessié du Motay sur la question de la traction essayée vers 1840 par eux avec l'air comprimé et réchauffé, aperçus qui n'enlèvent d'ailleurs rien au mérite des élégantes solutions imaginées par M. Mékarski.

Les locomotives à foyer pour tramways ne sont pas admises par M. Regnard *a priori*, mais il indique la possibilité de supprimer la fumée et les escarbilles en employant du combustible liquide; il regrette que l'élévation des droits de douane et d'octroi rende l'emploi du pétrole et de ses dérivés coûteux à Paris.

M. Regnard rappelle que depuis la communication de M. de Marchena, le système Serpollet a été mis en service sur la ligne Bastille-Saint-Ouen, non sans succès.

Enfin, après avoir repoussé, pour la traction urbaine, le système des locomotives sans foyer, M. Regnard passe rapidement en revue les systèmes divers décrits par M. de Marchena; il exprime enfin l'avis que les moteurs à gazoline, si brillamment appliqués aux voitures sans chevaux, apporteront peut-être une solution prochaine et avantageuse à la traction mécanique des tramways.

Il termine en exprimant l'espoir que les idées émises par lui au début de ce travail, quoique semblant en désaccord avec l'opinion générale en cours, prévaudront; et que Paris sera bientôt ainsi doté du seul Métropolitain qui lui convienne, du Métropolitain à niveau.

M. Sarcia ne partage pas la manière de voir de M. Regnard au sujet des facilités offertes au public par les moyens de transport qui existent actuellement dans Paris; il trouve que le service des tramways de New-York est beaucoup mieux organisé.

M. P. Regnard fait remarquer qu'il n'avait parlé que des capitales de l'Europe; d'ailleurs il n'a pas constaté en Amérique, en 1876, époque où les tramways n'avaient pas encore complètement remplacé les omnibus, la supériorité dont parle M. Sarcia; il n'est l'avocat d'aucune Compagnie, mais pense seulement que si la Compagnie des Omnibus avait un cahier des charges différent de celui qui lui est imposé aujourd'hui, le public pourrait obtenir un service qui le satisferait davantage, car M. Regnard estime que l'intérêt du voyageur qui est transporté est

connexe de celui de la Compagnie qui le transporte, en ce qui concerne l'abondance des places offertes.

M. Badois présente une note intitulée : *Étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la traction mécanique des tramways*, où il a résumé les observations qu'il a pu faire au cours de l'examen du mémoire de M. de Marchena. Suivant lui, ce travail très digne d'éloges, prête à la critique en trois points importants : 1° sur l'avantage qu'il accorde aux locomotives pour la traction sur les voies des tramways, tandis que cet avantage appartiendrait aux automobiles en général; 2° sur la dépense trop faible en force motrice et en combustible brûlé à l'usine centrale, que le mémoire attribue aux voitures électriques; 3° sur le trop faible rendement et sur la consommation beaucoup trop forte que M. de Marchena affecte par ses calculs à l'emploi de l'air comprimé, et qui ne concordent nullement avec les faits pratiquement démontrés par l'exploitation déjà ancienne de ce système de traction.

Au sujet du premier point, M. Badois dit que suivant lui (sauf pour les systèmes de traction mécanique, dont l'application exige nécessairement l'emploi d'une locomotive, ce qui lui paraît constituer une évidente infériorité), il semble rationnel de faire usage de voitures automobiles, de préférence, sur les voies de tramways. Le poids nécessaire pour l'adhérence est alors formé en partie par les voyageurs eux-mêmes, c'est-à-dire, par un poids utile et payant, et non par une charge morte, comme dans la locomotive. Cela permet, en cas d'affluence, de faire remorquer par l'automobile une ou deux voitures d'attelage, et de transporter ainsi davantage de voyageurs dans des conditions de traction très économiques.

Pour comparer l'électricité et l'air comprimé d'une manière logique, il faut les appliquer à une même unité de transport. M. Badois a choisi la voiture automobile de cinquante places, et il fait ressortir qu'en ce qui concerne l'électricité, il n'y a pas dans le mémoire qu'il étudie, corrélation exacte entre les éléments d'information réunis par l'auteur et les évaluations de dépense de force motrice qu'il formule.

D'une discussion très développée sur ce point, il résulterait que le rapport entre la puissance utilisée à la jante des roues de la voiture et la force motrice indiquée dans les cylindres à vapeur de l'usine centrale, autrement dit, le rendement final ne serait en exploitation courante que 0,25 à 0,30 (au lieu de 0,30 à 0,40) et que la consommation de houille par kilomètre-voiture de l'automobile en ordre de service et chargée de cinquante voyageurs qu'elle comporte, ne saurait être comptée à moins de 3,00 *kg* à 3,30 (et non pas à 2 *kg* ou 2,1/4 *kg*). La puissance absorbée en moyenne par kilomètre serait équivalente à près de 3 chevaux-heure. Ces chiffres sont confirmés, dit M. Badois, aussi bien pour la traction par trolleys que pour celle par accumulateurs ou par conducteurs au niveau des rails, par l'examen attentif des résultats pratiques cités par M. de Marchena et d'ailleurs assez connus, qu'ont fournis des expériences ou des constatations faites aux Etats-Unis, à Milan, à Liverpool, à Budapest et à Paris, sur les lignes de Saint-Denis

à la Madeleine, à l'Opéra et à Neuilly, pourvu que l'on ramène ces résultats à l'unité de transport indiquée plus haut. Il en fait la démonstration.

Pour ce qui concerne l'emploi de l'air comprimé comme moyen de traction. la théorie établie par M. de Marchena conduirait à un rendement final aux roues de 0,18 à 0,20 seulement du travail indiqué au moteur à vapeur de l'usine. Or, cette théorie doit pécher en quelque point, puisque les expériences pratiques souvent répétées à Nantes depuis quinze années et à Nogent depuis sept années ont toujours manifesté des rendements compris entre 0,35 et 0,40. M. Badois croit qu'au lieu de considérer l'air comprimé comme un agent de transformation de chaleur en travail, il faut le considérer plus simplement et plus exactement aussi comme étant un ressort mécanique, qui doit restituer ce qu'on lui donne de puissance, si l'on sait l'abstraire d'ailleurs des causes extérieures qui peuvent lui faire subir des modifications nuisibles au but que l'on poursuit.

Il expose les conséquences de cette considération par une suite de démonstrations qu'on ne saurait résumer et qu'on retrouvera dans son mémoire.

La conclusion est qu'on peut espérer obtenir de l'emploi de l'air comprimé un rendement final de 0,57. et non pas de 0,18 à 0,20 comme le limite la théorie de M. de Marchena.

A l'appui de ces déductions de principe, M. Badois apporte le témoignage des faits pratiques de l'exploitation des chemins de fer nogentais et il met sous les yeux de la Société un tableau du nombre de kilomètres parcourus journellement sur ces lignes pendant toute une semaine et des dépenses d'air correspondantes, d'où il résulte une dépense moyenne par kilomètre-voiture automobile de cinquante places marchant seule de 9,80 *kg* d'air comprimé à la pression de 45 *kg*. Ce résultat pratique prouve que la puissance absorbée par la voiture et par kilomètre est équivalente à moins de 2,20 chevaux-heure, que le rendement final est de 0,357 et que la consommation de houille dans de bonnes conditions d'installation serait de 2,20 *kg* à 2,50 *kg*, chiffres qu'il suffit de rapprocher de ceux obtenus pour l'électricité, savoir, puissance absorbée équivalente à 3 chevaux-heure, rendement 0,25 à 0,30, consommation de 3,00 *kg* à 3,30 *kg* pour établir l'avantage économique de l'air comprimé qui cependant n'a pas dit son dernier mot.

M. DE MARCHENA dit qu'il lui est un peu difficile de répondre avec précision aux observations de M. Badois sans avoir ses chiffres sous les yeux. Il déclare qu'il n'a eu l'intention de faire ni le procès ni la réclame d'aucun système de traction mécanique et qu'il a apporté à son étude toute l'impartialité possible.

Son opinion est, d'ailleurs, que les applications de la traction mécanique se présentent dans des conditions si différentes qu'il n'y a pas de système convenant le mieux à l'universalité des cas.

Bien souvent, l'emploi direct de la vapeur dans les voitures Serpollet ou autres, ou dans les locomotives sans foyer sera le plus avantageux, par exemple, pour desservir les lignes à petit trafic : souvent aussi, les dépenses d'une ligne électrique, parfois même d'une ligne funiculaire. seront justifiées par un service intensif.

En ce qui concerne plus particulièrement l'air comprimé dont M. Badois a pris si chaudement la défense. M. de Marchena n'avait, certes, aucune intention hostile à son égard, son travail en est la preuve. Il s'étonne toutefois que, pour en faire l'éloge, M. Badois n'ait pas choisi d'autres arguments que la question de rendement où réside précisément le point faible du système, surtout pour faire une comparaison avec le système électrique à fil aérien.

Sans entrer dans de grands développements, il est facile de se rendre compte des raisons pour lesquelles l'électricité aura, sous ce rapport, une supériorité marquée sur l'air comprimé :

1° *Par suite du poids mort.* — Les voitures électriques de cinquante places pesant à vide 7 à 8 *t*, tandis que celles à air comprimé en pèsent 10 à 11 et la résistance par tonne, des premières, étant inférieure à celle des secondes.

2° *Par suite du rendement proprement dit.* — Ce rendement pourrait être à peu près le même si l'air n'était comprimé qu'à sa pression d'utilisation, car le rendement d'une dynamo et d'un compresseur d'une part, celui d'un moteur électrique et d'un cylindre détendeur d'autre part, sont choses de même ordre.

Mais l'air comprimé utilisé à 7, 8 ou 10 *atm* doit être comprimé à 50, 60 ou 80 *atm*, ce qui nécessite un travail double de celui que nécessiterait la compression jusqu'à 7 ou 10 *atm*, même en admettant des compressions parfaitement isothermiques.

Pour ces deux raisons, M. de Marchena estime qu'il n'est pas étonnant de voir les voitures à air comprimé dépenser par kilomètre-voiture deux fois plus de combustible que les voitures électriques placées dans les mêmes conditions.

M. Sarcia s'étonne que M. Badois indique pour la traction électrique une consommation de charbon par kilomètre-voiture supérieure à 3 *kg*, alors qu'il a été constaté à Saint-Denis sur plus de deux millions de kilomètres-voiture, que cette quantité était de 2,300 *kg*. A Lyon, on est descendu à 1,600 *kg*. M. Sarcia estime que l'on trouverait des chiffres bien supérieurs aux précédents, si l'on relevait la consommation de charbon qu'exige l'emploi de l'air comprimé. Au point de vue théorique, il insiste sur l'importance de la perte due à la chute entre la pression initiale de l'air et la pression d'utilisation.

M. Badois, en réponse à M. de Marchena, fait observer que, pour ce qui est relatif à l'électricité, il a eu bien soin de s'en tenir absolument aux faits cités dans le mémoire, desquels il n'a fait que dégager les conséquences pratiques qui doivent en découler à son avis pour tout esprit non prévenu.

Et pour ce qui est de l'air comprimé, il a eu seulement l'avantage de pouvoir parler avec toute indépendance d'une question qu'il connait bien et dont il a la pratique depuis longtemps. Il a apporté de plus des faits d'exploitation courante de ce système qui comprennent toutes les causes de dépenses de travail et les pertes.

Il lui semble que M. de Marchena vient de dévoiler une des causes de l'erreur de sa théorie en exprimant la croyance que l'air comprimé est

employé dans le moteur de la voiture à la pression moyenne de 7 *kg.* Or cela n'a lieu que pour gravir de fortes rampes; en palier et pour les rampes ordinaires on marche couramment avec des pressions variant de 3 à 6 *kg.*

De cette observation, la dépense doit descendre de plus du tiers sur les suppositions de M. de Marchena, d'autant plus que, pendant la descente des pentes, la dépense d'air est à peu près totalement supprimée.

En ce qui concerne les critiques de M. Sarcia, M. Badois leur oppose les arguments de son travail qu'il ne fait que reprendre et reproduire.

M. Rey relève dans la communication de M. Regnard une assertion sur l'inutilité du Métropolitain ; cette assertion est fondée sur le rôle des tramways de Chicago pendant la dernière Exposition. Or, ceux de nos Collègues qui sont allés en Amérique ont constaté que l'*Illinois Central Railroad* avait organisé des trains très fréquents et qui emmenaient des milliers de voyageurs; de plus, des services de bateaux existaient en grand nombre sur le lac Michigan.

M. Regnard répond qu'il n'a pas prétendu dire que les tramways aient fait à eux seuls le service de l'Exposition de Chicago, ni qu'ils puissent faire celui de l'Exposition de 1900 ; mais à Paris on aura aussi la possibilité d'établir un grand mouvement de voyageurs sur la Seine, comme celui des bateaux du lac Michigan, et la gare du Champ-de-Mars pourra prendre ou mener autant de personnes, de son côté, que l'*Illinois Central.*

M. Ed. Coignet dit qu'on ne peut établir aucune comparaison entre la circulation dans Paris et dans les villes américaines. Dans celles-ci, en effet, le tarif très élevé des fiacres fait qu'on s'en sert fort peu ; il est alors facile aux tramways de trouver leur passage.

M. Regnard considère qu'un tramway sert plutôt à faciliter qu'à entraver la circulation, en la canalisant pour ainsi dire; ce fait s'est produit dans la rue de Belleville depuis la substitution du funiculaire à l'omnibus.

M. le Président remercie M. Regnard et M. Badois de leurs communications, ainsi que ceux des membres qui ont pris part à la discussion; l'animation qui y a présidé prouve l'importance qui doit être attachée à cette question.

La séance est levée à 11 heures et demie.

TRACTION MÉCANIQUE DES BATEAUX
SUR LES CANAUX

TOUAGE ÉLECTRO-MAGNÉTIQUE

PAR

M. A. de BOVET

I

Traction mécanique des bateaux sur les canaux.

On sait que, sur les canaux de navigation intérieure, il est, sauf de très rares exceptions, économiquement impraticable de remorquer des convois et que les bateaux, obligés d'écluser un à un, y doivent être trainés individuellement.

Le halage par chevaux a seul, jusqu'ici, répondu d'une façon tout à fait générale à cette nécessité et, tel qu'il est actuellement pratiqué, il arrive à rendre des services considérables. C'est ainsi par exemple que, monopolisé au profit d'entrepreneurs qui exploitent chacun une section de 12 à 18 *km* de longueur, il permet au canal de Saint-Quentin, avec des écluses simples, de débiter par an plus de 20 000 bateaux, portant plus de 3 200 000 *t*, moyennant un prix de traction de 0,0031 *f* par tonne kilométrique. La vitesse réglementaire est de 2 *km* à l'heure pour les bateaux chargés et la navigation est arrêtée chaque année, pendant 30 jours en moyenne pour les travaux d'entretien ou de réparation, et pendant un nombre de jours variable, d'ordinaire assez faible, par les glaces, brouillard, etc.

Depuis quelques années cependant de très nombreuses tentatives ont été faites en vue de substituer au halage des moyens mécaniques de traction. Leur grand nombre est un sûr indice de l'importance qu'a prise cette question : il est du reste bien évident qu'une telle substitution ne peut avoir de raison d'être que si elle apporte une amélioration certaine aux conditions d'exploitation des canaux et nous voudrions d'abord préciser au moins sommairement en quoi consistent les avantages qu'on en doit attendre.

La vitesse sur les canaux est limitée par la nécessité de ne pas imprimer à l'eau une agitation susceptible de compromettre la conservation des berges. Elle l'est beaucoup plus encore par la considération des prix de revient, une vitesse un peu grande exigeant, à cause de la faible section de la voie, une dépense de travail hors de proportion avec ce que peuvent supporter les transports par eau. Avec les dimensions habituelles de nos canaux français, nous ne pensons pas qu'il y ait avantage à essayer de dépasser de plus de 30 à 40 0/0 l'allure normale des chevaux de halage, mais du moins cet accroissement ainsi limité doit pouvoir être obtenu avec des moteurs mécaniques. Il est tout entier au profit du marinier, le débit d'un canal ne dépendant en aucune façon de la vitesse de marche, mais uniquement de la rapidité avec laquelle se peuvent faire les éclusées. A ce point de vue, il sera de toute nécessité que l'installation mécanique quelconque mise à la disposition des mariniers leur permette de disposer aux écluses d'un effort plus grand que celui qui suffit à la propulsion en plein bief. C'est du reste ce qui se passe avec le halage ordinaire : sur les voies fréquentées, on met aux écluses des chevaux de renfort.

Le prix de la traction par chevaux est, on l'a vu, remarquablement bas : il n'y a pas apparence qu'on le puisse encore diminuer beaucoup. Il est vrai qu'une réduction même faible, portant sur une somme elle-même très minime, aurait de ce fait une importance relative assez considérable : sur l'ensemble du trafic annuel d'une voie très chargée elle constituerait en fin de compte au bénéfice de la batellerie une économie totale importante, mais la possibilité de sa réalisation nous paraît trop incertaine pour qu'il soit permis d'en faire état au profit d'une installation de traction mécanique. L'économie réelle, certaine quoique indirecte, qui résulterait d'une telle installation proviendrait en fait de l'accroissement de vitesse grâce auquel un canal donné pourrait être franchi en moins de temps.

Outre la vitesse et les prix il y a un troisième élément à considérer : c'est la régularité du service, l'ordre et la continuité dans la marche. A ce point de vue un moteur mécanique, tenu sans interruption à la disposition des mariniers, présente par rapport à la traction animale une supériorité et des avantages tels qu'à eux seuls ils suffiraient à en faire rechercher l'emploi. Il en doit résulter à la fois un bénéfice pour le marinier, l'économie sur le temps perdu en arrêts de toutes sortes lui valant plus peut-être

que celle réalisée sur la durée de la marche, et en outre un bénéfice d'intérêt général, une plus grande régularité dans le service devant aboutir à une augmentation du débit possible d'un canal donné : l'accroissement de trafic en résultant peut à son tour rendre un jour réalisable une légère diminution des prix perçus pour la traction.

En fait, c'est donc surtout un accroissement de la vitesse de marche portée vers 2 1/2 à 3 *km* à l'heure, la plus grande régularité du service, la suppression de beaucoup de temps perdu qu'il faut attendre de la propulsion par moteurs mécaniques, beaucoup plus qu'un abaissement direct sensible des prix de traction. Ce dernier est assez problématique, et resta-t-il irréalisable ou à peu près il n'y en aurait pas moins une économie finale.

En l'espèce, il doit être entendu que l'expression « moteur mécanique » ne saurait s'entendre d'un appareil quelconque faisant corps avec le bateau ; même sur les rivières, où cependant il y en a un assez grand nombre, le bateau porteur et moteur nous paraît être une erreur. La machine et l'équipage supplémentaire qu'elle nécessite sont mal utilisés à cause des longs arrêts nécessaires pour le chargement et le déchargement : la coque elle-même l'est mal à cause de la place occupée par la machine et ses accessoires : l'ensemble est aussi irrationnel que le serait une locomotive rivée à demeure à son train. A plus forte raison en est-il de même pour les bateaux circulant sur les canaux avec de nombreux arrêts aux écluses et une vitesse réduite : on peut admettre que la puissance motrice dont ils ont besoin est de 3 à 4 *ch* ; si donc ils avaient à bord leur moteur, ce dernier serait totalement insuffisant une fois l'embarcation arrivée en rivière, ou il serait inutilement trop puissant tant qu'il ne faudrait que circuler dans les canaux. Ces objections nous semblent rester aussi vraies pour les moteurs à gaz ou à pétrole qu'on essaie en ce moment d'adapter aux besoins de la navigation que pour les moteurs à vapeur employés jusqu'ici.

Il n'est pas davantage possible d'utiliser, si petits soient-ils, des propulseurs indépendants, de puissance appropriée au remorquage en canal d'un seul bateau à la fois, et que l'on accolerait à l'avant ou à l'arrière de ce bateau. Les embarcations qui circulent habituellement sur les canaux règlent en effet leurs dimensions sur celles des écluses dont elles s'efforcent d'utiliser aussi complètement que possible la capacité totale : elles remplissent le sas exactement sans laisser de place pour rien écluser en même temps

qu'elles. Les dimensions auxquelles on arrive ainsi restent, en fait, inférieures à celles que pourraient comporter les nécessités commerciales, les mariniers ne se soucient pas plus de les réduire que d'en perdre une partie. Cela est si vrai que, malgré les avantages si nettement démontrés par les belles expériences de M. de Mas, des formes en cuillère à l'avant et à l'arrière au point de vue de la résistance à la traction, il nous semble très douteux que les bateliers desservant habituellement le parcours du Nord et de la Belgique vers Paris, dont la plus grande partie est en canal, renoncent à leur péniche, de crainte de ne pas trouver une compensation suffisante à la perte de chargement qui résulterait d'un coefficient de formes de 92 à 94 0/0 au lieu de celui de 99 0/0. Tout au moins faudrait-il ne pas leur imposer par ailleurs une perte nouvelle de charge.

La réalisation d'un mode de traction mécanique exige en somme qu'il soit tenu à la disposition des mariniers répartis le long d'un canal une puissance que l'on peut estimer de 2 à 3 *ch* effectifs par bateau avec faculté de pouvoir développer, au passage des écluses, fût-ce à vitesse plus réduite, un effort de traction plus considérable qu'en marche normale. Ce résultat doit être obtenu au moyen d'appareils indépendants des bateaux, qui n'augmentent pas leur chargement d'une façon appréciable et qui surtout ne modifient pas leur encombrement en longueur ni en largeur. A supposer un chargement de 280 *t*, il ne faut pas que le prix de traction dépasse 0,80 *f* par kilomètre. Il faut enfin que l'indépendance du marinier soit le moins possible sacrifiée.

Il est concevable que le problème ainsi posé soit d'une solution difficile, et que, de façon ou d'autre, il doive conduire à une organisation compliquée, et par conséquent à des dépenses d'installation première élevées qui ne seront compatibles avec de bas prix de traction que si elles peuvent être réparties sur un grand nombre de bateaux. Cela revient à dire que la question n'intéresse guère que les voies à grande fréquentation : c'est du reste sur celles-là seulement que le coût du halage par chevaux tombe au prix très bas que nous avons indiqué plus haut, et qu'il était, pour cette raison, légitime de le prendre comme terme de comparaison. A mesure que la fréquentation diminue, le prix du halage augmente : il y a toute apparence que le prix de la traction mécanique augmenterait plus vite encore, les frais généraux d'installation ne pouvant pas au même degré se proportionner dans les deux cas à la quantité de travail mise en œuvre.

Les divers systèmes proposés jusqu'ici peuvent se grouper en trois catégories distinctes :

1° Remplacement des chevaux de halage par des locomotives marchant sur rails ou des locomotives routières circulant les unes et les autres sur le chemin de halage;

2° Emploi d'un câble sans fin tenu en mouvement le long des berges et auquel peuvent s'attacher les bateaux;

3° Installation momentanée à bord d'un moteur, facile à mettre en place et à enlever, servant successivement aux bateaux montants et descendants de façon à être utilisé sans interruption, léger et ne modifiant pas les dimensions des bateaux en projection horizontale.

En l'état actuel, il nous semble que les procédés de la première catégorie sont voués à un échec certain. Ils augmentent beaucoup (même si on se passe de rails) le coût du chemin de halage et de son entretien. Ils mettent en œuvre une machine propre surtout à donner de la vitesse, alors qu'il n'en faut pas; il est vrai qu'elle ne prend pas de place dans l'écluse (et c'est peut-être son seul avantage), mais elle n'en exige pas moins pour chaque bateau un homme, en sus du marinier qui est à bord; or, il paraît invraisemblable que, pour marcher à raison de 3 *km* à l'heure, une locomotive et son mécanicien puissent coûter moins cher qu'une paire de chevaux de trait conduits par un manœuvre.

Les procédés de la seconde catégorie comprennent tous les systèmes de halage funiculaire proposés successivement par MM. Trolle et Mercier, Malézieux, Millerand, Rigoni, et amenés récemment à un remarquable degré de perfectionnement par M. Oriolle et surtout par M. Maurice Lévy dont les expériences ont eu un retentissement considérable et bien justifié. Après les travaux de M. M. Lévy on peut dire qu'il ne reste plus qu'une difficulté, sérieuse il est vrai, provenant du vrillage du câble de traction; et encore les résultats acquis ont-ils paru déjà assez satisfaisants pour faire décider une application en grand du système au passage d'une section du canal de l'Aisne à la Marne.

Il n'en reste pas moins légitime de rechercher des solutions différentes, ne fût-ce que pour répondre aux objections de ceux que ne satisfait pas l'emploi d'un organe de plusieurs kilomètres de longueur, tenu en mouvement par une machine unique et presque en entier hors de la surveillance de l'homme chargé de conduire ce moteur, si bien qu'un accident, en lui-même de peu d'importance, peut prendre de ce fait des proportions considé-

rables. Celle que nous voulons décrire appartient aux procédés de la troisième catégorie, dont il nous reste à parler, et sur lesquels, pour cette raison, nous nous étendrons plus longuement.

II

Procédés permettant de rendre momentanément chaque bateau automoteur.

L'idée de doter chaque bateau, pour le temps seulement de sa navigation en canal, d'un appareil moteur facile à placer à bord, sans augmenter sa charge d'une façon appréciable et sans modifier ses dimensions en longueur ni en largeur, a été, croyons-nous, réalisée pour la première fois par M. Bouquié.

Son procédé consistait à faire momentanément des bateaux des toueurs se touant eux-mêmes sur une chaîne noyée : celle-ci était posée dans l'axe sur toute la longueur du canal, traversait les écluses par-dessus les portes et servait à la fois aux bateaux montants et descendants.

Le système moteur comprenait une locomobile placée sur le pont commandant par courroie un appareil de touage installé tout à fait à l'avant sur un grand châssis attaché par des vis aux plats bords de l'embarcation, et disposé de façon à coulisser sur ce châssis, de telle sorte qu'en marche normale la poulie de touage dépassât de quelques décimètres en dehors du bordé, mais pût être rentrée entièrement en dedans pour la traversée des écluses. Là, en effet, il n'est pas possible de rien laisser en saillie puisque la largeur des bateaux se détermine, avec un jeu insignifiant, par celle même des sas d'écluse. Cet appareil de touage se composait d'une poulie recevant la courroie de transmission, d'engrenages réduisant la vitesse dans une proportion convenable, et d'une poulie toueuse à empreintes avec, en avant, un groupe de galets verticaux et horizontaux guidant la chaîne à son entrée. La chaîne était dans l'axe du canal, en admettant que les bateaux lors des croisements passent sur leur droite, tout le mécanisme était disposé de façon que la poulie se trouvât à bâbord : au moment des rencontres, un des deux bateaux jetait la chaîne à l'eau pour la reprendre dès que l'autre était passé : la chaîne ne faisant que poser sur la poulie, cette manœuvre n'offre, en réalité, aucune difficulté.

Ce mode de traction, accueilli d'abord avec beaucoup de faveur,

fut à l'époque l'objet d'essais assez nombreux, mais qui ne purent pas aboutir à sa mise en exploitation.

Son insuccès peut, du reste, s'expliquer assez facilement.

Au point de vue de l'entretien du canal, la traction avec chaîne offre des avantages manifestes. Les manœuvres nécessaires lors des croisements deviendraient une gêne presque intolérable, et, en tout cas, une cause de retard fâcheuse sur les voies à très grande fréquentation; toutefois, elles pourraient être évitées par l'emploi de deux chaînes que nous croyons parfaitement possible. Mais les véritables défauts du procédé sont :

1° L'emploi de la poulie à empreintes qui n'est vraiment pratique qu'avec une chaîne calibrée alors qu'il est impossible de conserver l'égalité de pas d'une chaîne de touage;

2° La complication du système moteur qui exige l'embarquement et le débarquement de deux appareils distincts dont l'un, la locomobile, est très lourd;

3° Le prix élevé non seulement des appareils, mais de l'exploitation, à raison de la grande consommation de charbon des petits moteurs à vapeur et de la nécessité d'avoir à bord, outre le marinier, un homme pour la conduite des machines.

L'idée, en somme, était très séduisante; les moyens d'exécution étaient défectueux : on n'en pouvait guère à l'époque imaginer d'autres, et il n'est pas à notre connaissance qu'à la suite des essais de M. Bouquié aucune nouvelle tentative se soit produite dans la même voie jusqu'à une époque toute récente. En fait, du moment que l'usage des petits moteurs spéciaux est trop onéreux, l'organisation de la traction mécanique des bateaux se réduit pour une part à une question de distribution de force aux embarcations réparties le long d'un canal. Le moment vint où il devait suffire d'énoncer le problème sous cette forme pour faire songer à en demander la solution à l'emploi de moteurs électriques, et la proposition s'en trouve faite simultanément dans deux mémoires adressés à la Commission d'organisation du cinquième Congrès de navigation intérieure à Paris en 1892, l'un par un Ingénieur allemand, M. Busser, l'autre par MM. Molinos et de Bovet.

Le système imaginé par M. Busser consistait à installer sur chaque bateau, pour la durée de son voyage en canal, un appareil monté sur un châssis fixé par des vis aux plats bords, tout à fait à l'avant, et composé d'une dynamo et des transmissions de mouvement nécessaires pour actionner à vitesse convenable une « poulie à chaîne ». Il y avait, en avant de la poulie, gui-

dage de la chaine par un système de galets verticaux et horizontaux et le tout coulissait sur le châssis, de façon que la poulie qui fait saillie en dehors du bateau pût être rentrée toutes les fois que cette saillie peut causer une gêne ou un danger. Il était prévu une chaine de chaque côté du canal, l'une pour les bateaux montants, l'autre pour les bateaux descendants, interrompue aux écluses : plus exactement, les chaines des deux côtés arrivées devant les écluses qu'elles ne devaient pas traverser étaient réunies l'une à l'autre en travers du canal, passant librement dans des anneaux scellés aux maçonneries, de façon à constituer dans chaque bief une véritable chaine sans fin. Il n'est rien dit dans le rapport au sujet des moyens à employer pour faire franchir les écluses par les bateaux.

La dynamo motrice devait prendre le courant sur un conducteur aérien installé sur poteaux le long des berges. M. Busser spécifiait que la prise de courant devait être faite au moyen d'un chariot roulant sur la ligne et non d'un trolley en dessous comme dans les tramways, en quoi nous pensons qu'il avait raison. Il ne donnait, du reste, aucuns détails sur le conducteur ni sur la façon dont il pensait faire le retour du courant : il indiquait seulement que la ligne serait alimentée en courant à une tension d'environ 500 volts au moyen de stations centrales et de postes de transformation recevant des stations centrales du courant à haute tension de façon à pouvoir diminuer le nombre de ces dernières.

Il ajoutait enfin, mais sans y insister, que la dynamo motrice pourrait être remplacée par un moteur à pétrole, permettant naturellement de supprimer la ligne de distribution de courant et les stations centrales.

L'organe principal de touage était dans le mémoire désigné simplement sous le nom de « poulie à chaine ». Il était *a priori* permis d'en conclure que M. Busser avait en vue une roue à empreintes qui était le seul système de « poulie à chaine » alors en usage, et, en effet, il en était bien ainsi.

Avec un moteur à pétrole l'ensemble des dispositions proposées reproduisait donc (à la nature du combustible près) exactement celles essayées par M. Bouquié. Avec un moteur électrique (et c'est manifestement en vue de l'emploi de l'électricité que M. Busser avait étudié son projet) il y avait par rapport aux procédés Bouquié une amélioration très considérable, toutes les manœuvres pouvant certainement être confiées au marinier sans qu'il soit besoin de

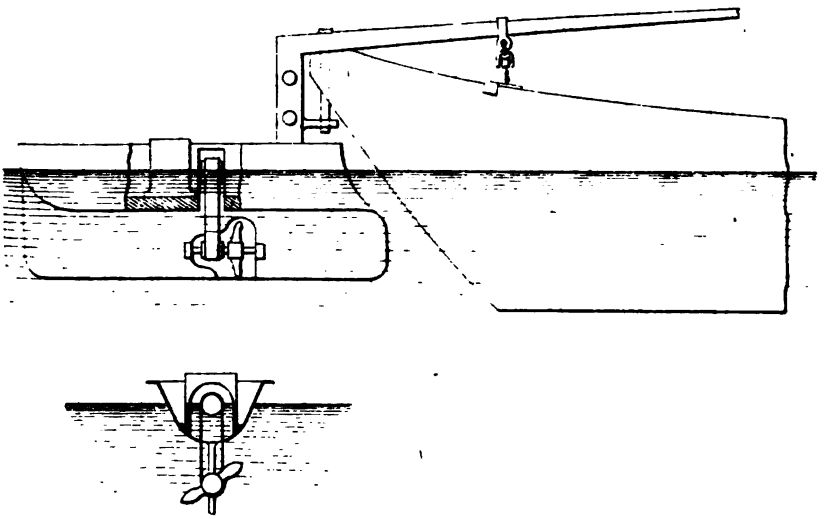
lui adjoindre un mécanicien. Toutefois, on conservait tous les inconvénients de la poulie à empreintes, dont nous ne croyons pas qu'elle puisse être pratiquement utilisée pour un travail de ce genre.

Le système que, de notre côté, nous proposions dans le mémoire précité avait avec celui de M. Busser les plus grandes analogies. Comme lui, il reproduisait en tant que dispositions générales de l'appareil de touage celles réalisées anciennement par M. Bouquié. Ayant en vue uniquement l'emploi de l'électricité comme force motrice, nous pensions en faire la distribution au moyen d'une double ligne aérienne montée sur poteaux sur les berges, alimentée au moyen de stations centrales, en nombre plus ou moins grand selon qu'on y ajouterait ou non des postes de transformation, avec prise de courant par un chariot roulant sur la ligne et retour du courant par la chaîne de touage. Cette chaîne devait être double et traverser les écluses par-dessus les portes : une étude ultérieure poursuivie en vue d'essais qui viennent d'être exécutés nous amena, ainsi que nous avons eu occasion de le dire au congrès de navigation réuni à La Haye il y a quelques mois, à admettre que la chaîne devait être interrompue aux écluses, et que la traversée de celles-ci serait assurée au moyen de dispositifs spéciaux. Mais ce qui particularisait notre système, et lui donnait un véritable caractère de nouveauté, c'était la nature spéciale de l'organe de touage proprement dit constitué par une poulie aimantée identique (aux dimensions près) à celle que nous venions d'appliquer aux grands toueurs de la Compagnie de Touage de la Basse-Seine et de l'Oise. Pour le surplus, en effet, on n'y peut voir qu'une appropriation des dispositifs de M. Bouquié et l'utilisation de l'énergie électrique, sous une forme déjà couramment usitée sur les lignes de tramways. Nous voyons à l'emploi de cette poulie un double avantage : 1° de ne pas nécessiter l'usage d'une chaîne calibrée ; 2° de permettre un glissement possible sur la chaîne devant des efforts anormaux, de donner par conséquent toutes garanties en cas d'accidents tels qu'une mise au plein du bateau, d'assurer enfin le démarrage facile et nous indiquions même, par surcroît de précautions dans ce sens, l'emploi possible dans les transmissions intermédiaires entre la dynamo et la poulie d'un organe à friction magnétique constituant un limiteur de force encore plus sensible que la chaîne de touage.

Ce mode de traction vient d'être l'objet de premiers essais : nous en donnerons plus loin une description complète ; sans donc y

insister davantage pour le moment il nous reste, pour être complet, à signaler les autres procédés de traction proposés qui rentrent dans la même catégorie que ceux dont nous venons de parler et que nous devrons nécessairement comparer.

Dès 1893, M. Busser, renonçant au touage sur chaîne, proposait (voir son mémoire au Congrès de navigation intérieure tenu à Chicago) d'utiliser le courant électrique distribué le long d'un canal, comme il est dit ci-dessus, à actionner une hélice de petite dimension et à rotation rapide placée dans le gouvernail du bateau. Pour le faire, il terminait le gouvernail à sa partie supérieure par une sorte de petite barque dans laquelle il logeait une dynamo

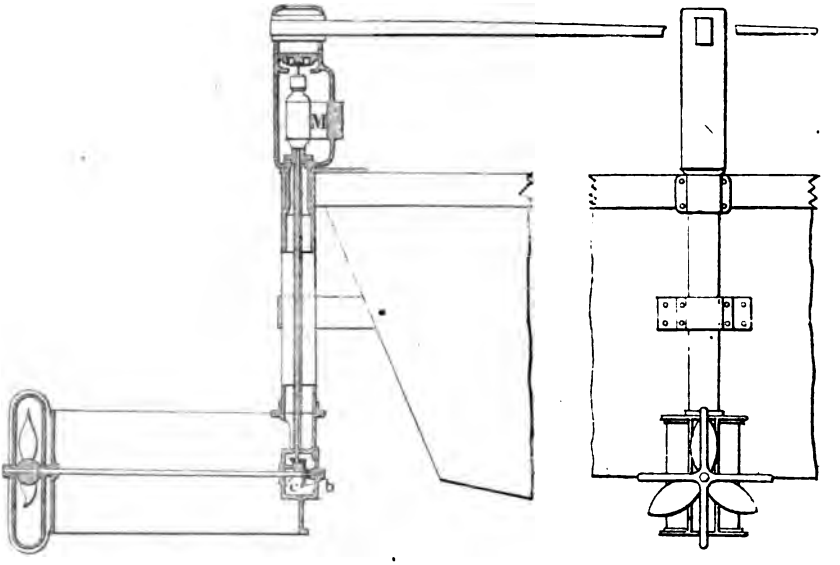


transmettant par une chaîne son mouvement à une hélice placée au-dessous et logée dans une fenêtre ménagée dans la paroi du gouvernail. Le croquis ci-dessus, extrait d'une lettre de M. Busser, donne une idée nette de la chose.

Pour la traversée du canal un gouvernail ainsi armé est substitué au gouvernail ordinaire du bateau : à la traversée des écluses, tout comme le gouvernail habituel, il peut se rabattre de 90° et n'augmente par conséquent pas l'encombrement de l'embarcation dans le sas.

A la même époque, M. Galliot, l'éminent Ingénieur qui venait d'achever sur le bief de partage du canal de Bourgogne la remarquable installation que l'on sait de touage électrique des convois,

était amené — ainsi qu'il l'a fait connaître au Congrès de La Haye — à une solution tout à fait analogue, mais qu'il réalise par des dispositions un peu différentes et meilleures. Il met le moteur dans la partie haute de la mèche du gouvernail, et comme le montre le croquis ci-dessous, transmet le mouvement au moyen de deux arbres à 90° et de deux roues d'angle à une hélice placée tout à fait à l'extrémité de ce gouvernail dont la longueur est limitée par la nécessité de ne pas dépasser la demi-largeur d'un sas d'écluse pour que le rabattement complet reste possible. D'une part, le moteur est ainsi plus facile à garantir et, d'autre part, l'hélice est éloignée le plus possible de la paroi arrière des bateaux afin de recevoir l'eau plus facilement malgré les mauvaises formes qu'ont toujours (à ce point de vue) les embarcations de la nature



de celles qu'il s'agit de conduire. Le gouvernail de M. Galliot n'a presque plus de surface : il se réduit en réalité à être le support de l'hélice, et cela suffit et au delà pour la direction, puisque c'est le moteur lui-même qui se déplace.

On reconnaît dans ces deux systèmes, mais singulièrement amplifiée et adaptée aux besoins de bateaux porteurs lourds et mal formés, la disposition expérimentée jadis par M. Trouvé sur une petite embarcation de plaisance.

On ne manquera pas d'être frappé de la similitude de solutions

imaginées (est-il besoin de le dire?) indépendamment les unes des autres, dans des pays différents, par des Ingénieurs qui ne se connaissaient même pas jusqu'au jour où justement cette similitude d'idées les a mis en relations.

Les mêmes recherches se poursuivaient ailleurs encore et durant les deux ou trois dernières années des essais ont été entrepris en Amérique dans la même voie. C'est aussi sur l'emploi de l'hélice actionnée électriquement que s'est portée l'attention des Ingénieurs américains, et autant que nous en pouvons juger par les renseignements trop incomplets qui nous sont parvenus, il semblerait que le but poursuivi soit de doter les bateaux porteurs d'une hélice et d'une dynamo installées à demeure, prêtes à servir partout où on trouvera sur le chemin une distribution de courant. Au cas où nous interpréterions mal les rares indications que nous avons pu obtenir, nous serions heureux de toute rectification ; en tout cas il est parfaitement concevable que si l'installation à bord d'une organisation mécanique compliquée, coûteuse et encombrante comme peut être celle d'une machine à vapeur avec sa chaudière, voire d'un moteur à gaz ou à pétrole avec ses réservoirs, est inadmissible par les raisons que nous avons indiquées, il n'en est pas nécessairement de même de celle d'une simple dynamo petite, légère, peu coûteuse et dont surtout la manœuvre n'exige la présence d'aucun homme supplémentaire. Une combinaison de la nature de celle que nous indiquons peut donc être à ce point de vue parfaitement légitime : sans comporter la mise à bord momentanée des appareils de propulsion par laquelle nous avons caractérisé toute la série de procédés que nous venons de passer en revue, elle nous semble cependant s'y rattacher assez pour que ce soit ici le lieu de la signaler et pour que nous la fassions entrer dans la comparaison de ces procédés entre eux.

Tous ces procédés enfin ont un caractère commun, c'est que tous se prêtent également bien à l'utilisation des forces motrices qui peuvent se rencontrer dans le voisinage du canal ou provenir des conditions de son alimentation en eau. Il va sans dire que les sources d'énergie auxquelles nous faisons allusion devront être utilisées partout où elles existent et pourront être facilement mises en œuvre, faute de quoi il reste toujours la ressource des stations avec moteurs à vapeur.

III

Touage électro-magnétique. — Essai sur le canal Saint-Denis.

Nous avons indiqué d'une façon complète, dans le chapitre précédent, le principe du système de traction dont nous proposons l'emploi : nous pouvons donc, sans y revenir, aborder la description des dispositifs au moyen desquels on le peut réaliser.

Les premiers essais viennent d'en être faits sur le canal de Saint-Denis, avec le concours de la Compagnie de Fives-Lille, et les appareils que nous décrivons d'abord sont ceux qui ont servi à ces essais.

Les figures 1, 2 et 3, planche 127, donnent la disposition d'ensemble du système, tel qu'il était prévu d'abord en supposant le retour du courant par la chaîne ; elles représentent un seul côté du canal : il faut admettre qu'il y a de l'autre côté, pour les bateaux marchant dans l'autre sens, une seconde ligne de distribution de courant; les deux lignes de droite et de gauche, constituant le conducteur unique qui sert à amener le courant à toutes les embarcations, doivent de distance en distance être reliées électriquement, soit par-dessus, soit par-dessous le canal.

Le courant est pris par un chariot roulant sur la ligne, et amené au bateau au moyen d'un fil flexible soutenu par une poulie au haut du mât, de façon à être toujours maintenu à bonne hauteur au-dessus du chemin de halage qui peut ainsi être laissé libre.

Les deux chaînes doivent être mouillées non dans l'axe, mais chacune sur un des bords du canal, et, en admettant que les bateaux, lors d'un croisement, prennent chacun leur droite, les appareils sont placés à l'avant de telle façon que sur chacun la poulie de touage fasse saillie à tribord.

Comme le montre la figure 2, l'appareil de touage est monté sur un châssis en forme d'Y fixé aux plats bords des péniches en avant des greniers, au moyen de vis de pression. Les péniches ont toutes même largeur : il est du reste facile de réserver l'adaptation possible sur des bateaux de largeur variable en ayant un tirage dans le pied de l'Y.

L'appareil de touage lui-même est enfermé dans une boîte en tôle hors de laquelle font saillie la poulie aimantée et les galets guides.

Il est représenté figures 1, 2, 3 et 4, planche 128. La dynamo réceptrice tournant à 1 000 tours transmet son mouvement par friction d'abord, puis au moyen d'un pignon et d'une roue dentée, à l'arbre de la poulie de touage qui fait 40 tours correspondant, pour un diamètre à la gorge de 0,40 *m*, à une vitesse de marche de 0,80 ou un peu moins de 3 *km* à l'heure. La première de ces deux transmissions de mouvement est réalisée au moyen d'une petite poulie aimantée montée sur l'arbre de la dynamo et tangente intérieurement au tambour qu'elle doit conduire. La dynamo elle-même est montée sur un ressort R dont la tension se peut régler au moyen du levier L reporté en dehors de la boîte. Grâce à cette disposition on est assuré d'avoir entre les deux organes, dont l'un doit entraîner l'autre, un serrage élastique qu'il est possible de régler de telle façon que la réaction sur les coussinets soit de beaucoup inférieure à celle que l'on aurait dans le cas d'une commande par friction mécanique, le supplément d'adhérence nécessaire étant fourni par l'aimantation. On a de la sorte un limiteur de force très sensible en même temps que l'on évite l'emploi d'engrenages à grande vitesse.

La vis V sert à faire coulisser toute la boîte sur son support pour rentrer la poulie au passage des écluses et la sortir ensuite. Un petit galet en fonte G guide la chaîne à sa sortie de la poulie de touage et un doigt D en métal non magnétique assure son décollement; le galet et le doigt sont montés ensemble sur un support solidaire de la roue dentée A; cette dernière est commandée par une vis sans fin qui permet de régler l'arc embrassé par la chaîne sur la poulie de touage, lequel peut ainsi aller jusqu'à 3/4 de tour en ordre de marche et être réduit à rien quand il faut jeter la chaîne ou la remettre en place. L'écartement entre la poulie principale et le galet G peut lui-même être réglé au moyen de la vis B.

La petite poulie d'entraînement et la poulie de touage sont montées en série. Nous avons constaté que, avec les dimensions du dessin et de la chaîne de 14 *mm* pesant environ 5 *kg* le mètre, et un enroulement de 180°, la poulie de touage peut porter sans glissement un poids de 500 *kg* pour un courant de 2 ampères. L'excitation est alors de 4900 ampère-tours, la poulie existante étant bobinée avec 2450 spires d'un fil de 12/10 *mm* ayant une résistance totale de 30 ohms environ. Comme l'enroulement de la chaîne peut être porté à 3/4 de tour, il est certain que l'on dispose là d'une adhérence plus que suffisante pour la traction

d'une péniche qui est l'espèce de bateau la plus lourde à haler.

Le chariot roulant sur la ligne unique d'abord prévue est représenté figures 4 et 5, planche 127. Il se compose essentiellement d'un cadre, d'un contrepoids et de deux roulettes dont les gorges sont dessinées de façon qu'elles puissent passer sur les têtes d'isolateurs sans cesser d'être au contact du fil. Les figures montrent comment la ligne est fixée sur les isolateurs; quoique l'on doive marcher à petite vitesse, il peut y avoir au passage un ressaut du chariot; l'emploi de deux roulettes, au lieu d'une, donne une meilleure garantie contre la possibilité d'interruption du courant. Les roulettes ont été établies avec un système de frein intérieur destiné à empêcher le chariot de filer vivement en avant dans les parties de la ligne qui sont en pente, ce qui doit exister inévitablement à l'arrivée sous un pont, et, à un degré moindre, sur la moitié de la distance entre deux supports quelconques. Le bateau marchant, le chariot est entraîné par le câble conducteur souple qui, par l'intermédiaire du mât, le relie à l'appareil de touage.

Il est clair que, avec une disposition appropriée de la ligne de distribution, la prise de courant pourrait également être faite, comme dans les tramways électriques, par un trolley en dessous. Dans l'espèce, pour des essais à exécuter sur une partie de canal en exploitation, sans interrompre ni gêner la circulation ordinaire, notamment sans apporter aucune entrave au passage de bateaux halés avec leur mat debout, force était de reporter la ligne sur la berge du moment que l'on voulait faire l'essai complet et ne pas se contenter d'expérimenter l'appareil de touage seul avec une source de courant quelconque installée sur le bateau. Mais, en eût-il été autrement, nous pensons que l'emploi d'un chariot peut, pour une application de ce genre, présenter bien plus d'avantages que celui d'un trolley; c'est un point sur lequel nous aurons à revenir ultérieurement et nous aurons alors occasion d'examiner avec quelques détails les dispositions spéciales à prendre pour l'organisation de la ligne en fil souple qui doit relier le courant à la réceptrice.

Les stations productrices d'électricité n'offrent aucune particularité spéciale; l'ensemble du système est complété simplement par les résistances nécessaires pour la graduation du courant dans les appareils et leurs commutateurs de manœuvre. Pour des essais on tient, naturellement, à multiplier les moyens de mesure et de vérification : nous avons donc établi à part, sur

le pont, très accessibles, les rhéostats, commutateurs et instruments de mesure. En pratique courante, il suffira de pouvoir envoyer dans les poulies leur courant normal ou de le supprimer et de disposer à la dynamo réceptrice de la vitesse de marche normale et d'une vitesse réduite. Les résistances nécessaires pour cela seraient installées dans la boîte même qui couvre l'appareil de touage et où il y a largement toute la place voulue; les commutateurs pourraient être posés sur les parois de cette boîte; il sera, croyons-nous, préférable, sauf à avoir un câble de la longueur du bateau réunissant tous les conducteurs nécessaires pour cela, de les placer à côté de la barre du gouvernail. Le marinier, supposé seul homme à bord, pourra de la sorte faire toutes les manœuvres d'arrêt, de mise en marche ou de ralentissement sans quitter la barre; s'il a à venir vers l'appareil de touage, ce ne peut être que pour en vérifier le graissage, jeter ou mettre en place la chaîne, il le fera, son bateau arrêté, c'est-à-dire au moment où sa présence au gouvernail sera inutile.

Les appareils que nous venons de décrire ont été récemment essayés sur le canal Saint-Denis, d'abord avec une péniche vide, puis avec une péniche pleine chargée à plus de 300 *t*. Une ligne aérienne, en fil de cuivre de 8 *mm*, avait été installée le long de la berge sur une longueur d'environ 400 *m* : elle était alimentée en courant à 110 volts. Cette très basse tension avait été adoptée par suite de conditions spéciales, quoiqu'il soit bien entendu que, en fonctionnement normal, avec des lignes de grande étendue, on marcherait à un voltage plus élevé, soit 500 volts.

Dès le début, on constata que la chaîne, même mouillée, tendue dans la partie où elle est relevée à l'avant, reposant pour le reste dans la vase du fond du canal, avait une résistance électrique énorme et qu'il n'y avait pas à songer à l'utiliser pour le retour du courant. On installa alors une seconde ligne sur les poteaux qui portaient la première, on ajouta un second chariot disposé de façon à être entraîné par le premier. Après cette modification, le fonctionnement du système se trouva satisfaisant, répondant bien à ce qu'on en attendait.

La chaîne se comporte d'une façon tout à fait correcte sur la poulie de touage : vrillée ou droite, elle donne une adhérence excellente et s'arrache, avec l'aide du doigt de décollement, dans de bonnes conditions. Le bateau se gouverne bien. La petite poulie d'entraînement, montée sur l'arbre de la dynamo, fonctionne d'une façon satisfaisante. Si on ne l'aimante pas et qu'on

laisse porter au contact tout le poids de la dynamo dans la mesure où le permet la suspension existante, cette dernière, au départ, se met immédiatement en vitesse, et on a entre les deux poulies un glissement considérable d'abord (quoique le bateau se mette de suite en mouvement) qui va s'atténuant petit à petit : le démarrage est très progressif et l'intensité marquée par l'ampèremètre ne monte pas, mais la période de glissement est trop longue. La petite poulie étant aimantée, sans même que la dynamo porte de tout son poids, avec moins de fatigue par conséquent pour les coussinets, la transmission de mouvement se fait régulièrement, dès que la chaîne se tend, la mise en route se fait vivement (il peut y avoir même un moment de calage), l'intensité à l'ampèremètre monte, comme cela doit arriver normalement pour un démarrage en charge et seulement si elle arrive à monter beaucoup et à dépasser 55 ampères il y a un peu mais peu de glissement relatif. Le démarrage, en un mot, est excellent avec toute garantie contre le passage dans la machine d'un courant d'intensité excessive.

Toujours avec un bateau chargé la vitesse normale est atteinte au bout d'un parcours d'environ 80 *m*. Cette vitesse est 2 800 à 2 900 *m* correspondant à 40 tours par minute de la poulie de touage.

La quantité de courant est alors de 20 ampères, équivalant à une dépense de 2 200 watts à l'usine génératrice, soit 3 chevaux-électriques, à quoi, en exploitation courante, avec des distances de distributions assez grandes, il faudra ajouter la perte en ligne.

Les deux chariots circulent d'une façon très correcte sur leurs lignes respectives et ce résultat est d'autant plus à noter qu'à ce point de vue les conditions de l'essai tel que nous l'avons fait se sont trouvées plus mauvaises que celles que l'on réaliserait facilement en exploitation courante. Ces chariots, en effet, sont lourds, ils pèsent, avec leur contrepoids, l'un 8, l'autre 10 *kg*, et il sera facile à l'avenir de les faire sensiblement plus légers. Ils roulaient sur des lignes d'assez petit échantillon, et l'importance relative de leur poids se trouvait ainsi augmentée; mais surtout pour relier les chariots au bateau on avait un double câble souple (au lieu du câble simple prévu au début) d'un très grand poids, plus lourd qu'il n'eût été nécessaire pour fonctionner à la tension de 110 volts, et plus de 5 fois plus lourd que ne le seraient ceux qu'il y aurait lieu d'employer dans une installation normale à 500 volts. Le poids porté par la ligne d'une part, l'effort

oblique exercé sur les chariots d'autre part, se trouvaient, par ces motifs, fortement exagérés et les résultats constatés n'en sont que plus probants en faveur du bon fonctionnement des appareils dans une installation normale.

Des essais comme ceux dont nous parlons n'ont pas seulement pour but de permettre de vérifier comment se comportent les appareils : ils doivent, en outre, fournir des indications précieuses sur la valeur de la conception première et sur les modifications qu'il peut être utile d'y apporter. Il nous reste à dire quelles conséquences on en peut tirer à ce point de vue, et aussi à examiner quelques particularités importantes de l'ensemble d'une installation.

IV

Discussion des essais. — Étude d'une installation.

Appareil de touage. — L'appareil de touage qui a servi pour nos essais a été établi avec le luxe de solidité auquel on est à peu près fatalement conduit quand on tente une première épreuve et qu'on veut éviter tout risque de mécomptes, mais en fait il est trop lourd. Il pèse, y compris un bâti, environ 2600 *kg*. Sans rien changer à son agencement il serait facile de gagner sur la construction 4 à 500 *kg*, mais on peut faire mieux en en modifiant certaines dispositions.

La petite poulie magnétique d'entraînement constitue, nous l'avons dit, un très bon limiteur de force, mais son emploi oblige à monter la dynamo sur une suspension élastique assez compliquée. De plus, si elle donne au démarrage du moelleux, elle ne le donne que grâce à un glissement sensible qui, s'il se répétait souvent, amènerait inévitablement avec de l'usure des dépenses d'entretien sensibles. Elle a des avantages très réels, mais des avantages qui coûteraient sans doute plus cher qu'ils ne valent en l'espèce, d'autant plus qu'il y a tout intérêt à mettre entre les mains des mariniers des appareils aussi robustes et rustiques que possible et qu'il est facile, si on le veut, de limiter à tout moment l'effort possible en modifiant seulement l'intensité du courant dans la poulie de touage. Il vaudra donc mieux, pensons-nous, dans la pratique courante, renoncer à cet organe : en remplaçant cette petite poulie par un pignon et son volant par une roue dentée et en donnant à la dynamo un montage fixe, on gagnera à la fois en simplicité, en prix et en poids. Mais nous

pensons qu'on pourra mieux encore transmettre ce mouvement à la poulie de touage au moyen d'une seule roue dentée et d'une vis sans fin, à pas très incliné, fonctionnant dans un bain d'huile.

Un appareil étudié en ce sens est représenté figures 6, 7, 8 et 9, planche 127. Les dimensions sont, on le voit, beaucoup moindres que celles du système précédemment décrit (1) et son poids n'est plus que de 700 à 800 *kg*. Il a en outre cet avantage que, quoique la vis ayant un pas très incliné ne doive pas faire frein d'une façon absolue, la tension de la chaîne à l'arrière contribuera cependant d'une façon efficace à arrêter le bateau quand on supprimera le courant dans le récepteur sans couper l'excitation dans la poulie de touage. La première étude représentée par ces figures a été faite en conservant comme moteur la même dynamo qui a servi aux essais : on arrivera à mieux encore, avec ce mode de transmission de mouvement, en employant une dynamo réceptrice à marche sensiblement plus lente. La figure 9 montre à l'opposé de la poulie de touage une poupée calée sur le même arbre : nous dirons ultérieurement à quoi elle doit servir.

Le grand châssis en Y peut être conservé d'autant plus qu'il suffit de le faire avec des fers à T d'assez petit échantillon. Il pourrait être supprimé cependant s'il y avait sur le bateau, à l'avant des greniers, un cadre fixe, en madriers, où l'appareil de touage avec les rails sur lesquels il coulisse, viendrait se poser et se fixer par des vis de pression. Ce cadre devrait racheter la hauteur des plats bords ; il coûterait très peu et on obtiendrait sans doute assez vite des mariniers qu'ils l'ajustent à demeure à leur bateau en offrant à ceux qui l'auraient un léger avantage sur le prix de la traction.

Chaîne. — La chaîne que nous avons employée pour nos essais a 14 *mm* et pèse sensiblement 5 *kg* le mètre. Fabriquée spécialement pour le touage, elle serait à maillons un peu plus longs et pèserait un peu moins, mais pas beaucoup. Elle est, en fait, beaucoup plus forte qu'il ne faut pour les efforts qu'elle a à supporter, mais il y a lieu de remarquer que sur des dimensions moindres elle coûtera plus cher par unité de poids et surtout que si on tombe à de trop petits échantillons les soudures deviennent singulièrement incertaines. Telle qu'elle est elle peut être de bonne qualité, son prix, nous le verrons, n'a rien d'excessif, elle ne don-

(1) Cet appareil est dessiné à plus grande échelle que celui représenté par les figures 1, 2, 3 et 4, planche 128.

nera autant dire jamais de ruptures et, par comparaison avec les résultats obtenus sur la grosse chaîne de touage en service sur la Seine, nous croyons pouvoir hardiment affirmer qu'elle durera au moins vingt ans. Nous pensons donc qu'il y a lieu de conserver ce type.

Prise de courant. — La prise de courant par deux chariots, l'un conduisant l'autre (il semble qu'il vaille mieux que celui qui conduit pousse l'autre au moyen d'une tige rigide avec articulations flexibles, que de le tirer) est bonne et nous paraît devoir être conservée telle quelle. Tout au plus y aura-t-il lieu, au lieu d'attacher le fil à même dans la rainure d'une tête d'isolateur en porcelaine, de coiffer des isolateurs de forme différente avec une pince en métal qui tiendra le fil et qui, étant moins large, donnera encore plus de facilité et de sûreté au passage. Il sera facile, par un bon choix de matériaux, en prenant, par exemple, un bronze à forte proportion d'aluminium (il n'y a dans les châssis et les rouleaux, qui en ce cas seraient garnis de cuivre à la gorge, qu'un poids de métal assez faible pour que la dépense de ce chef soit insignifiante), d'alléger sensiblement le chariot lui-même, de gagner, par conséquent, sur son poids tout en conservant un contrepoids assez lourd pour assurer une excellente stabilité. Comme de plus, en service courant, la distribution d'électricité se fera, selon toute probabilité, à 500 volts, le double câble de liaison deviendra très léger et le fonctionnement qui s'est trouvé bon pendant nos essais sera encore meilleur.

Pour l'application qui nous occupe, ce dispositif nous paraît plus recommandable que celui du trolley en dessous, tel qu'il est couramment pratiqué dans les installations de tramways. Il y a à cette préférence diverses raisons.

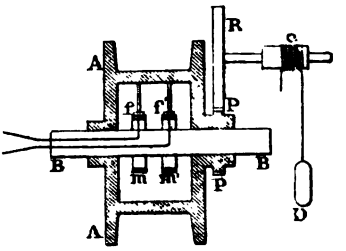
Un bateau ne peut pas, comme une voiture de tramway, suivre un chemin invariablement marqué : les mouvements de l'eau suffisent à provoquer des déplacements latéraux, l'action du vent, sur les embarcations vides surtout, en provoquera davantage encore et il y a là des causes de déraillement qui peuvent compenser la sécurité due à la faible vitesse de marche. En outre, il est nécessaire qu'un bateau en marche puisse éviter un obstacle imprévu, doubler, le cas échéant, un autre bateau arrêté en pleine voie par quelque cause que ce soit, éviter au passage des ports les embarcations rangées parfois sur deux ou trois épaisseurs : autrement dit, il lui faut une facilité de déplacement latéral, voulu

celui-là et non subi, qui serait difficile avec le système de trolley en dessous.

De plus, l'usage du trolley en dessous suppose la ligne posée aussi exactement que possible juste au-dessus de la voie normale suivie par le véhicule : en l'espèce, par conséquent, elle devrait être portée par des fils de fer tendus d'une rive à l'autre, en travers du canal. Si on les veut mettre assez haut pour que le halage ordinaire, avec mât levé, reste possible, la ligne se trouverait à une hauteur énorme au-dessus des bateaux. En admettant même que sur un canal où le système de traction que nous décrivons serait mis en pratique, tous les bateaux soient astreints à circuler avec leur mât couché, ce qui est évidemment possible, il faudrait encore la laisser assez haut pour ne pas gêner le passage des bateaux à vapeur avec leur cheminée levée. Quelle que soit la hauteur, il faudrait, du reste un mât spécial; le mât ordinaire, en effet, est, il est vrai, très exactement équilibré, mais il est trop massif pour pouvoir se prêter à accompagner avec l'exactitude et la rapidité voulues les sinuosités du profil de la ligne, et on ne pourrait pas, à cause de cela, lui faire porter le trolley.

Le chariot échappe à ces divers inconvénients. Pour laisser au bateau le degré d'indépendance dont nous avons dit la nécessité, pour que le passage sous les ponts où le mât doit être abaissé puisse se faire sans difficulté et sans traînage à terre du câble de liaison, il faut que ce dernier ait un jeu possible de 12 à 15 *m* et qu'il l'ait de lui-même sans intervention nécessaire du marinier. La chose est trop évidemment possible à réaliser pour qu'il ne nous ait pas paru nécessaire d'en faire un essai préalable; nous nous contenterons d'indiquer un des moyens dont on peut se servir pour cela.

Il faut, en somme, avoir à bord une réserve de câble qui se déroule ou s'enroule à la demande; c'est du câble isolé dont on sait



que le jeu répété sur les poulies mouflées d'un double palan le fatigue beaucoup, mais on pourra employer, par exemple, le dispositif représenté schématiquement sur le croquis ci-contre. Le double câble venant du chariot s'emmagasinera sur la gorge d'un tambour A, fou sur son arbre B; ce tambour sera solidaire d'un pignon P engrenant avec une roue R sur l'arbre de

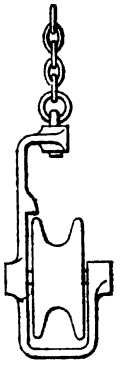
laquelle sera enroulé un fil de fer terminé par un poids D. Les deux câbles, par l'intermédiaire de frotteurs *ff'*, amèneront le courant à deux bagues *mm'* d'où, par le centre de l'arbre B il ira aux appareils de consommation. La prise de courant se fera ainsi à l'abri de toute cause perturbatrice, dans un espace fermé. Le système tout entier, de très petites dimensions, s'attacherait au support du pied de mât et on voit qu'un dispositif de ce genre peut bien facilement donner tout le jeu désirable au câble, automatiquement, sous l'action seule du poids D, moyennant un très faible déplacement total, soit, par exemple, 1 *m* de ce poids.

Ceci dit, pour ce qui concerne les appareils eux-mêmes, nous ne nous arrêterons pas à ce qui a trait à la production et à la distribution du courant, ne voyant en l'espèce aucune particularité qui appelle des solutions différentes de celles qui sont d'un usage courant, par exemple, sur les lignes de tramways. Il est clair que les lignes des deux berges ne sont, en réalité, chacune que la moitié d'un conducteur unique, qu'elles doivent, par conséquent, de distance en distance, être reliées électriquement soit par-dessus le canal, soit par-dessous, en profitant, par exemple, des ponts. Nous admettons qu'en service courant la distribution se fasse à 500 volts et nous pensons qu'elle doit nécessairement être faite sous forme de courant continu, étant donné qu'il faut pouvoir varier les vitesses de marche et qu'il est essentiel de profiter des facilités que donne pour le démarrage le coup de collier dont sont susceptibles les réceptrices à courant continu. Selon les circonstances locales, la force motrice sera fournie soit par des machines à vapeur, soit par des moteurs hydrauliques installés selon les cas sur la berge même aux écluses, ou dans le voisinage du canal. Il y aura tout intérêt à ne pas multiplier ces usines et nous estimons que chacune pourra alimenter directement de 10 à 15 *km* de ligne. Il peut se présenter telles circonstances où il soit avantageux, d'une station centrale donnée, d'alimenter directement une douzaine de kilomètres et d'envoyer du courant à haute tension, si l'on veut du courant alternatif, à deux postes de transformation placés à droite et à gauche et alimentant chacun une égale longueur. De la sorte une station génératrice desservirait de 30 à 40 *km*. Les postes de transformation seraient placés à des écluses ; ils n'exigent qu'une surveillance et un graissage qui pourront être confiés aux éclusiers, le personnel serait aussi réduit que possible. Toutefois, si la force motrice est produite par des machines à vapeur, il sera, croyons-nous, plus économique d'avoir une station

pour chaque section sans passer par des postes de transformation.

Ceci dit pour le matériel, il nous reste à parler de quelques particularités intéressant l'exploitation.

Action du vent sur les bateaux vides. — Les bateaux toués sont tirés par l'avant, ce qui est correct, mais on peut craindre qu'ils aient de la sorte trop de liberté de l'arrière pour résister, quand ils sont vides, à l'action du vent, lorsque celle-ci tend à les mettre en travers du canal. Il est facile de parer à cette difficulté. Le marinier devra avoir, dans son armement, une poulie de faible dimension, maniable, à chape ouverte, ou mieux à chape ouvrante, fixée à un bout de chaîne. En cas de grand vent, il attachera cette poulie à un des tabrins d'arrière de son bateau en la laissant pendre en dehors à peine au-dessous du bordé et il y fera passer la chaîne venant de l'appareil de touage; le bateau se trouvera ainsi pris sur la chaîne sur toute sa longueur et dans de bonnes conditions pour résister à l'action du vent.



Cette même poulie servira, comme nous le verrons par la suite, à plusieurs autres usages.

Passage aux écluses. — La traversée des écluses est une difficulté.

On conçoit mal, en effet, qu'il soit possible d'y maintenir une double chaîne. En aucun cas, sur un canal à point de partage où l'eau doit être économisée, là ou les chaînes ne pourraient, comme sur la Seine, être tenues dans une ouverture pratiquée au bas des portes et laissant à l'eau un écoulement forcé ; il les faudrait donc faire passer par-dessus les portes.

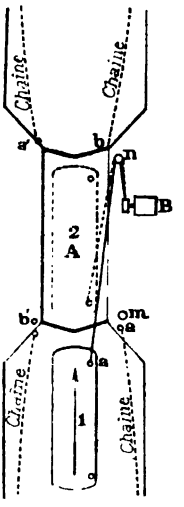
Si le passage se fait par le milieu, avec des poulies recevant les chaînes au-dessus des buscs des portes, ces deux chaînes se rapprocheraient au contact; or, il ne nous paraît possible d'avoir deux chaînes en service dans un canal, qu'à la condition que chacune d'elles soit maintenue toujours à toucher une des rives. De plus, l'effort de traction arriverait, au moment où les bateaux seraient assez rapprochés de l'écluse, à se faire sentir sur les portes, et il y aurait là un inconvénient.

Les chaînes, il est vrai, pourraient passer au-dessus des portes, du côté des charnières, et, dans l'écluse, le long des deux murs du sas. Cela non plus n'irait pas sans difficultés et sans des manœuvres

laborieuses, ne fût-ce qu'à cause des garde-fous qu'il faut conserver pour les besoins du service courant des éclusiers.

En admettant que cet inconvénient paraisse acceptable, il faut encore compter avec l'effort nécessaire pour l'entrée d'un bateau dans un sas d'écluse qu'il remplit presque en entier, où par conséquent il fait piston. Cet effort dépasse de beaucoup celui qu'il faut développer pour la marche en plein bief, et, dès lors, si le bateau doit entrer sous la seule action de son appareil de touage, ou il entrera difficilement avec une grande lenteur, ou bien alors il faudra constituer l'appareil de touage de telle façon qu'il puisse fournir à ce moment un effort beaucoup plus grand que celui qu'il a à produire d'une façon courante, l'alourdir, par conséquent et établir ainsi, moyennant une dépense trop élevée, un mécanisme dont toute la puissance restera la plupart du temps inutile pour n'être mise à profit que pendant une très courte période de son activité totale.

Le mieux est donc de rechercher pour le passage des écluses une solution particulière. Nous en voyons deux possibles, l'une et l'autre sûres et très praticables.



Soit A un sas d'écluse. Les chaînes seront arrêtées de part et d'autre. Si les bateaux montants sont, par définition, ceux qui vont dans le sens de la flèche, leur chaîne sera fixée en *a*, avant l'écluse, à une attache solide; de l'autre côté, le bout libre de la chaîne pouvant être donné à un marinier quand un bateau sera dans le sas, sera simplement tenu en *b* par un stoppeur quelconque.

De même, la chaîne des bateaux avalants sera coupée et amarrée en *a'*, et aura de l'autre côté de l'écluse uu bout libre tenu par un stoppeur *b'*.

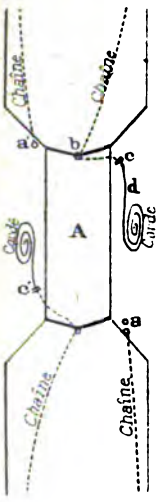
Un bateau montant, par exemple, arrivant devant l'écluse, jettera sa chaîne à l'eau. En B, sur une des rives, au milieu de la longueur du sas, il y aura un treuil capable de donner facilement l'effort nécessaire pour faire entrer un bateau dans l'écluse à une bonne vitesse. Puisqu'on a une distribution de courant sur toute la longueur du canal, ce treuil aura naturellement un moteur électrique actionnant un tambour ou une poupée susceptible d'emmagasiner le câble au moyen duquel se fera la traction des bateaux. Ce tambour ou poupée serait fou, sur un axe à frottement

très libre, relié au mécanisme de transmission de mouvement par un embrayage magnétique tel que l'embrayage soit effectué par le seul fait de la mise en marche de la dynamo et supprimé par l'arrêt de cette dernière. De la sorte, tant que la dynamo tournera, le câble s'enroulera ; quand elle sera arrêtée, un homme prenant à la main l'extrémité du câble en déroulera sans fatigue toute la longueur dont il aura besoin, comme cela se pratique par exemple sur les transbordeurs munis d'un treuil qui servent dans les gares à la manœuvre des wagons.

L'installation fixe, à l'écluse, sera complétée par deux poulies de renvoi placées à demeure en *m* et *n* aux deux extrémités du sas.

Ceci admis, si un bateau montant se présente pour écluser dans la position 1, ayant jeté la chaîne, les éclusiers lui jetteront le bout du câble, après l'avoir fait passer sur la poulie *n*, et le marinier l'attachera à un des tabrins d'avant. Sitôt les portes ouvertes, il suffira de donner du courant au treuil pour entrer le bateau.

Pendant l'éclusage, le bateau étant dans la position 2, le marinier détachant la corde du tabrin d'avant et tirant dessus, viendra l'attacher à un tabrin d'arrière; il pourra, en outre, replacer sur sa poulie le bout libre de la chaîne. Dès que les portes de sortie seront ouvertes, quelques tours de treuil lanceront son bateau ; il détachera alors la corde que reprendront les éclusiers et continuera sa route avec son appareil de touage.

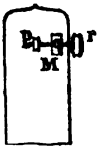


Les mêmes manœuvres se feront dans l'autre sens pour les bateaux avalants, avec le même treuil, mais en utilisant la poulie de renvoi *m* au lieu de la poulie *n*.

Deuxième procédé. Soit A le sas d'écluse. Conservons la définition précédente pour le sens des bateaux montants et descendants.

La chaîne des bateaux montants sera, comme précédemment, coupée et fixée en *a*. De l'autre côté de l'écluse, l'extrémité de cette chaîne viendra passer en *b* sur une petite poulie portée au haut du busc de la porte d'écluse, puis filant le long de cette porte, viendra passer en *c* dans un stoppeur quelconque, donnant un appui fixe et solide sur lequel il soit possible d'exercer un assez gros effort de traction ; au delà, la chaîne se continuera par un bout de câble *d* un peu plus grand que la longueur du sas. Il faut remarquer que cette dispo-

sition ne présente aucun inconvénient pour la bonne conservation des portes, parce que. dès que le bateau est engagé au delà des portes d'amont, il ne s'exerce sur le bout de la chaîne aucun effort de traction, et que l'on peut laisser à la partie qui longe la porte tout le mou nécessaire pour ne gêner aucune manœuvre.



Soit à l'avant de la péniche, en M, l'appareil de touage précédemment décrit, muni, comme nous l'avons dit, de la poupée *p* dont le diamètre soit moitié de celui de la poulie de touage.

Quand un bateau montant arrivera devant l'écluse, il jettera sa chaîne comme dans le cas précédent.

Pendant l'ouverture des portes, les éclusiers enverront aux mariniers l'extrémité du câble *d*, celui-ci l'enroulera sur la poupée *b*, et dès que les portes seront ouvertes, remettra en marche son appareil de touage. Il disposera alors pour entrer, dans l'écluse, d'un effort double de celui qu'il peut utiliser en marche, à une vitesse moitié de celle de la marche en plein bief : d'un effort plus que double si la vitesse est de moins de moitié.

Pendant l'éclusage il rétablira la chaîne sur la poulie de touage, rendra aux éclusiers la corde et sera prêt à se mettre en route avec son appareil de touage dès l'ouverture des portes d'amont. Pendant l'ouverture des portes, les éclusiers auront dégagé la chaîne de la poulie *b* où ils la rétabliront sitôt la tête du bateau passée.

Il serait de plus très facile d'utiliser l'effort que permet de développer l'emploi de la poupée *b*, pour donner au bateau une impulsion première, facilitant sa sortie, même après avoir mis la chaîne en place sur la poulie de touage. Il suffirait, pour cela, la chaîne étant toujours prise dans le stoppeur *c*, après son passage sur la poulie, de faire passer la corde *d* sur une poulie de renvoi attachée à un des tabrins d'arrière de la péniche et d'en ramener l'extrémité sur la poupée. Sitôt l'impulsion donnée, le marinier abandonnerait la corde qui serait relevée par les éclusiers. La poulie à chape ouvrante, dont nous avons parlé déjà trouvera là tout naturellement son emploi.

L'effet de la tension oblique entre le stoppeur *c* et la poupée de l'appareil de touage peut être bien facilement évité. Il suffit de monter le stoppeur à l'extrémité d'un bras rigide, solide, mobile autour d'un axe vertical et qui puisse être ramené parallèle à la berge pour laisser passer les bateaux, ou placé normalement à

celle-ci, butant alors contre un obstacle fixe et faisant une saillie au dedans du mur de l'écluse égale à l'épaisseur de l'appareil de touage.

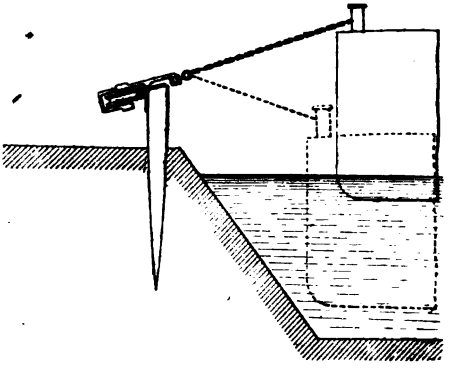
Naturellement les bateaux avalants feraient sur l'autre rive les mêmes manœuvres.

Ce second moyen nous paraît devoir donner une rapidité de manœuvre presque aussi grande que le premier : comme il est par ailleurs, beaucoup plus simple, il devra, en général, être préféré.

Passage des courbes à très petit rayon. — Il peut encore y avoir là une difficulté, quoique les bateaux pleins gouvernent bien sous la chaîne, et que les bateaux vides n'exercent sur celle-ci qu'un effort incapable de la déplacer beaucoup.

Dans la plupart des cas il est probable que la gaffe, employée comme elle l'est journellement dans le halage par chevaux, suffira à assurer la route des bateaux.

Si cependant, dans quelques courbes à très petit rayon, il était nécessaire de prendre des précautions particulières, l'emploi de glissoires en bois est tout indiqué du côté de la rive convexe. Du côté de la rive concave il faut chercher autre chose pour empêcher que la chaîne soit ramenée vers le centre. Nous proposerons d'installer le long de la rive, un peu au-dessus du niveau de l'eau, un rail sur lequel viendra rouler la poulie déjà décrite page 62, rattachée par un bout de chaîne à l'un des tabrins d'avant du bateau, qui ne pourra pas s'écarter de plus que la longueur laissée à cette chaîne. Avec la forme donnée à la chape, la poulie portera inévitablement par sa gorge contre le rail dès que la chaîne sera tendue, et par conséquent dès que son action pourra être utile.



V

Dépenses d'installation. Comparaison avec la propulsion par hélices.

Quels seront les frais d'installation et les dépenses d'exploitation du système que nous venons de décrire ?

Nous prendrons comme exemple un canal de 50 *km*. Nous admettrons qu'il passe par jour, en douze heures de service, soixante bateaux en tout, moitié montants, moitié descendants; que dans un sens tous sont chargés, que dans l'autre sens il y a un tiers de bateaux chargés et deux tiers de bateaux vides, soit quarante bateaux chargés par jour, ce qui, avec un chargement moyen de 280 *t* et 300 jours de marche par an, correspond à un tonnage annuel total de 3 360 000 *t*.

Avec une vitesse de 2 800 *m* à l'heure, les bateaux supposés répartis uniformément se trouveraient à 1 120 *m* les uns des autres : pour tenir compte des arrêts aux écluses, nous supposons cette distance réduite à 800 *m* seulement. Le temps nécessaire à une éclusée pourrait être moindre que celui qu'il faut, à la vitesse admise, pour parcourir ces 800 *m*; l'hypothèse que nous faisons ne correspond pas encore à la limite de capacité du canal. Il en résulte par ailleurs que, sur les 50 *km* considérés, il y aura à la fois sur les deux chaînes 125 bateaux.

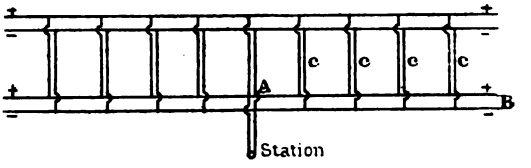
Si nous admettons que la traction de deux bateaux vides demande autant de travail que celle d'un bateau chargé, les 125 bateaux répartis le long du canal compteront, pour le travail dépensé, comme 105 bateaux chargés.

Nous admettrons enfin que la traction d'un bateau chargé demande, aux usines de production de force, une consommation de 2 500 watts. Il y a, il est vrai, quelques bateaux qui peuvent être à un moment donné en démarrage, et alors demander plus; mais, d'autre part, il y aura au même moment des bateaux arrêtés aux écluses et ne consommant rien. Comme par ailleurs la dépense de travail admise pour les bateaux vides est très fortement exagérée, nous estimons, en adoptant le chiffre ci-dessus, être au delà de la vérité.

Si la force motrice doit être produite par des machines à vapeur, il est plus économique de multiplier les stations de production directe, que d'en réduire le nombre en leur adjoignant des postes

de transformation qui seraient alimentés par celles-ci en courant à haute tension.

Nous admettons donc que le courant sera produit par quatre stations alimentant chacune 12 1/2 *km* de voie sur lesquels il y aura la valeur de 26 à 27 bateaux pleins exigeant une production



de 68 000 — mettons 70 000 watts, ou 140 ampères sous 500 volts.

La distribution se fera conformément au schéma ci-dessus. Alimentation par le milieu de la section, une double ligne sur chaque berge, et de distance en distance une série de fils transversaux *c c c* équilibreront le débit en cas de répartition inégale de la consommation sur les deux voies, ce qu'il faut considérer comme devant être le cas habituel. Chaque partie de ligne telle que AB aura à débiter 35 ampères : elle sera construite en fil de 10 *mm* sur 3 *km* de longueur et en fil de 9 *mm* sur 3 1/4 *km*. La perte en ligne sera alors de 44 volts en la supposant moitié de ce qu'elle serait si le débit était en entier à l'extrémité de chaque section — Nous mettrons 60 ampères avec 530 volts au point de distribution et 470 volts aux extrémités. Chaque station fournira alors 140 ampères sous 530 volts, ou 74 000 watts au lieu des 68 000 que nous avons estimés suffisants.

Si le rendement des dynamos génératrices est de 90 0/0, les machines à vapeur devront produire à chaque usine 110 *ch* effectivement disponibles.

Pour 125 bateaux en route on aura 140 appareils de touage valant chacun 3 000 *f* y compris tous les accessoires nécessaires à l'armement d'une embarcation (chariots, câbles de liaison, etc.)

Nous avons ainsi tous les éléments d'un devis.

Soit :

A Force motrice :

4 usines complètes de 110 *ch* effectifs chacun, avec machines à vapeur à moyenne vitesse, chaudières, bâtiments, cheminées, caniveaux, etc., etc. 246 000*f*

Report	246 000 *f*
B 4 dynamos de 74 kilowatts avec tableaux et accessoires	40 000
C Ligne de distribution définie ci-dessus avec 50 poteaux par kilomètre	253 000
D Chaine	175 000
E Appareils de touage	420 000
F A chaque extrémité un appareil de levage de 3 000 *kg*, hangars et magasins, petit atelier, plus imprévu	96 000
TOTAL	1 250 000 *f*

Soit par kilomètre complètement installé 25 000 *f*, chiffre qu'il faut considérer comme un maximum, toutes les évaluations étant très largement faites.

La dépense annuelle évaluée en partant de ces données et répartie sur un tonnage kilométrique de 168 millions de tonnes kilométriques, donne pour chacune un prix qui, toutes choses égales d'ailleurs, permettrait à coup sûr de lutter contre la concurrence des chevaux de halage, ou qui permettrait, par rapport aux prix actuellement consentis par les adjudicataires du halage, de soumissionner avec un rabais appréciable au profit des mariniers si le monopole devait être accordé (comme il l'est aux adjudicataires de halage) à une entreprise qui s'organiserait pour exploiter le procédé de traction que nous venons de décrire.

On nous permettra de ne pas insister sur ce point : la fixation d'un prix de revient *a priori* avant une assez longue application est par elle-même très délicate et, de plus, elle pourrait nous conduire à aborder la question à laquelle nous venons de faire allusion, de la monopolisation des services de traction qui pourrait à elle seule fournir matière à une ample discussion et qui nous entraînerait bien loin des considérations d'ordre purement technique auxquelles nous voulons nous limiter.

Ce prix de revient que nous avons dû établir pour nous-même, peut naturellement se diviser en un tant pour cent de la dépense totale afférent à la consommation de force motrice, tant à la ligne, à la chaîne, etc., etc., et dans cette division nous pourrons trouver des éléments de comparaison pour les systèmes de traction qui reposent sur l'emploi d'une hélice actionnée électriquement. Une légère erreur possible sur la grandeur relative des chiffres n'affec-

tera pas en effet d'une manière sensible la valeur d'une telle comparaison.

Il y a, dans l'emploi de l'hélice, une difficulté importante, c'est de la conserver convenablement noyée, quel que soit le chargement du bateau ; nous la supposerons résolue de façon satisfaisante, quoique nous ne concevions pas très nettement le moyen d'y arriver.

Il n'en reste pas moins que cette hélice sera toujours mal placée à l'arrière d'un bateau porteur qui ne peut avoir des formes favorables à l'action de ce propulseur qu'à la condition d'être un mauvais porteur de canal. Il y a bien la ressource de la descendre un peu plus bas que la fonçure comme cela est marqué sur la figure de la page 49, mais cela n'est possible qu'avec des embarcations incomplètement chargées et ne l'est plus, juste dans les cas où on a besoin du plus gros effort de propulsion.

Ces considérations doivent en tout cas suffire à faire donner la préférence sur toutes les autres aux dispositions indiquées par M. Galliot qui, du moins, ont l'avantage de donner à l'hélice tout l'éloignement de l'arrière du bateau compatible avec la largeur des écluses, soit au moins la moitié de la largeur du bateau lui-même.

Reste l'inconvénient de transmettre la poussée par une charnière, mais on peut estimer qu'il est plus ou moins compensé par le fait que les évolutions sont remarquablement facilitées, et que la charge peut n'être pas du tout augmentée, le gouvernail pouvant être construit de façon telle que l'immersion annule son poids.

Malgré la position donnée à l'hélice nous croyons rester au-dessous de la vérité en admettant que, même ainsi, ce propulseur aura, toutes choses égales d'ailleurs, un rendement d'à peine moitié de celui d'un appareil de touage ; il exigera donc, pour donner à un même bateau la même vitesse, une dépense au moins double de travail. Dans ces conditions, s'il supprime la chaîne, il exigera par contre l'installation de machines deux fois plus puissantes, d'une ligne où il y aura deux fois plus de cuivre, et des consommations journalières deux fois plus élevées.

Prenons l'exemple qui nous a servi pour l'établissement de notre devis : la ligne seule coûte plus cher que la chaîne ; il est évident que sans parler des autres accroissements de dépense, il ne peut pas y avoir avantage à supprimer la chaîne pour doubler la ligne. Seulement, si, au lieu de considérer des tonnages aussi élevés, on prend une voie à circulation moins active, la ligne de distribution qu'il faudra employer va devenir de moins en moins

importante, tandis que la chaîne restera une, constante ; l'écart des prix de revient des deux procédés va diminuer, et, comme l'a indiqué M. Galliot au congrès de la Haye, pourra arriver à changer de sens.

Sur les 50 *km* de canal que nous avons considérés, et pour un trafic annuel de 3 360 000 *t*, en admettant qu'un gouvernail avec dynamo et hélice coûte (quoique la dynamo doive être deux fois plus puissante) 20 0/0 de moins qu'un appareil de touage, on trouve en partant des chiffres ci-dessus, que le prix de revient de la propulsion par hélice sera d'au moins 26 0/0 plus élevé que celui de la traction par touage.

Si, sur la même longueur de canal on admet que le mouvement annuel soit réduit de moitié, soit 1 650 000 *t*, il faudra dans une installation de touage moitié moins d'appareils de touage, de cuivre et de consommation de travail. Dans le cas de propulsion par hélice, l'installation de la ligne et des machines sera au contraire juste égale à celle que nous avons étudiée. Les prix du touage seraient de 20 à 25 0/0 plus élevés que ceux auxquels nous sommes arrivés, mais ceux de la propulsion par hélice ne seraient plus que de 16 0/0 environ supérieurs à ceux du touage.

La différence, on le voit, a diminué d'une façon très sensible : elle diminuerait encore pour des tonnages moindres (1 650 000 est encore un très gros trafic) et à la condition que le prix effectif restât inférieur à celui du halage, — qui du reste est plus élevé sur les voies à petite fréquentation que sur les autres, — il y aura en effet une limite au-dessous de laquelle la propulsion par hélices pourra être moins coûteuse que la traction par touage.

Il semble que l'égalité pourrait avoir lieu par un trafic d'environ 500 000 tonnes. Mais il n'est point sûr que pour ce tonnage le prix de revient effectif conserve un avantage marqué sur ceux du halage. On a indiqué, il est vrai, l'emploi possible d'accumulateurs pour fournir le courant ; cela permettrait la suppression de la ligne.

Les accumulateurs seront-ils sur le bateau ? Cela augmenterait beaucoup la charge. Seraient-ils dans une embarcation traînée à la remorque ? Il naîtrait alors une difficulté au passage des écluses. Nous manquons des éléments d'appréciation nécessaires pour poursuivre jusque-là la comparaison.

Quant au fait que l'hélice donnera difficilement le coup de collier nécessaire pour la traversée des écluses, il n'a que peu d'importance pour les voies à faible fréquentation où il n'y a plus la même nécessité que sur les autres à écluser rapidement.

VI

Installations provisoires de touage.

Les appareils que nous venons de décrire ont été étudiés en vue de leur adaptation à la traction mécanique des bateaux sur les canaux.

Ils sont susceptibles d'une application différente et qui peut dans certaines circonstances, avoir une réelle importance.

Avec une poulie aimantée dont le diamètre pourrait être porté à 50 ou même 60 *cm*, un ou deux relais d'engrenages (selon la vitesse initiale du moteur) et une poulie pouvant porter une courroie, on peut constituer un appareil de touage d'un poids de 2 500 à 3 000 *kg* seulement, susceptible d'être mis à l'avant d'une embarcation quelconque, par exemple d'un margottat, voire d'un radeau, la poulie de touage débordant légèrement sur le côté. En plaçant dans le même bateau, et de façon à équilibrer le poids de cet appareil, une locomobile d'une quinzaine de chevaux, commandant par courroie l'appareil de touage, on peut avoir un toueur susceptible de remorquer à une vitesse de 2 1/2 à 3 *km* à l'heure, contre des courants atteignant 8 à 10 *km* à l'heure un tonnage assez considérable de 300 à 500 *t* réparti dans de petites embarcations, véritable toueur de fortune susceptible d'être établi avec un bateau quelconque, pourvu qu'il puisse recevoir, charbon compris, un chargement de 14 à 15 *t*.

Cette facilité tient au faible poids de l'appareil et à la très grande simplicité des organes sur lesquels il faut faire passer la chaîne. Il suffit d'avoir avec la locomobile, et actionnée par elle, une petite machine dynamo ou magnéto-électrique d'une puissance de moins d'un cheval.

C'est en somme la possibilité de faire, avec des éléments simples du touage, soit dans des installations provisoires, telles que des chantiers d'entreprises, soit sur des cours d'eau à grande vitesse et à très petite profondeur, où la navigation ordinaire est difficile et le remorquage impossible en raison même de cette faible profondeur. On en rencontre de tels, notamment dans les pays neufs, où il n'y a pas de trafic, faute de moyens de communication, et où il est naturel d'hésiter à créer des moyens de communication dont l'installation soit coûteuse en vue d'un trafic dont le développement est encore incertain. Il faut, il est vrai, une chaîne, mais une chaîne de touage est tout justement la voie la moins coûteuse à installer.

ÉTUDE

SUR

DIVERSES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

EN SUISSE ET EN SAVOIE

PAR

A. LAVEZZARI

EXPOSÉ

Un de nos anciens présidents rappelait, il y a peu de temps, en nous présentant un ouvrage sur l'électricité, combien les applications de cette science à la mécanique sont récentes; si récentes, disait-il, qu'il y a peu d'années encore on ne songeait guère à l'enseigner dans les écoles qui forment des ingénieurs.

Aussi beaucoup d'entre nous, et j'en suis, n'ont-ils reçu au cours de leurs études techniques que des notions très incomplètes sur l'électricité.

Et cependant, ses progrès ont été si rapides, elle a conquis si vite une place importante dans notre vie, qu'il est à peu près impossible aujourd'hui de faire de l'industrie, de s'occuper de mécanique, sans avoir à recourir à l'électricité.

Fort heureusement, de temps en temps des communications instructives comme celle que nous a faite dernièrement notre distingué collègue M. Dumont viennent combler cette lacune de notre instruction technique et nous initier à cette science.

Mais, pour remplacer la pratique, qui manque encore à beaucoup d'entre nous, le mieux est, quand un problème se pose, d'aller étudier ce qu'ont fait ceux qui l'ont déjà abordé.

Tel était mon cas, il y a un an, quand je fus invité à étudier l'utilisation d'une importante chute d'eau pour la création d'une usine électrique dans le centre de la France. Je pouvais déjà puiser des renseignements utiles dans la communication qui nous a été faite il y a quelques années par M. Hillairet au sujet de l'usine de Domène; je résolus en outre d'aller voir chez nos voisins les Suisses si merveilleusement dotés par la nature à ce point de vue ce qu'ils avaient fait dans cet ordre d'idées.

C'est le simple récit de ce que j'ai vu que je vais exposer dans les lignes qui suivent, sans autre désir que de faire profiter mes collègues, dans la mesure de mes moyens, de mes propres recherches.

Je n'ai donc nullement la prétention de décrire des installations supérieures à toutes les autres, ni de dire qu'on ne saurait trouver aussi bien chez nous qu'à l'étranger, j'apporte simplement quelques documents que je crois intéressants.

On pourra critiquer cette classification mécanique un peu en dehors des considérations électriques, qui consiste à ne parler que d'installations ayant la même source d'énergie, l'eau, mais, je l'ai déjà dit, je ne suis qu'un électricien de hasard, c'est en mécanicien que je parle.

Les lignes qui vont suivre ont été rédigées d'après mes propres impressions et à l'aide des renseignements et documents qui m'ont été fournis sur place. Suivant l'ordre même de mes visites, je commencerai par la description des installations de Genève.

ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE A GENÈVE

L'utilisation par la ville de Genève des forces motrices du Rhône et leur distribution à domicile au moyen d'eau sous haute pression a été l'origine de l'établissement de nombreuses installations particulières d'éclairage électrique; en effet, tous les industriels qui utilisent la distribution municipale s'éclairent actuellement eux-mêmes à l'électricité. Mais cette transformation à domicile de la force motrice en électricité devait forcément être restreinte et la création d'une usine centrale s'imposait. En 1887, une Société privée, la Société d'appareillages électriques, a obtenu des autorités municipales la concession de l'éclairage particulier au moyen d'une station centrale; en 1891, cette Société s'adjoignit, par rachat, les ateliers de MM. Guénod, Sutter et C^{ie}, constructeurs à Genève, et prenait le nom de Compagnie de l'industrie électrique.

L'énergie électrique est fournie par deux stations qui présentent cette particularité intéressante qu'elles doivent répondre à deux problèmes différents.

L'une, la plus ancienne, fournissant un courant continu à basse tension, soit 110 volts, dessert le centre de la ville par un réseau de câbles souterrains, suivant le système dit à trois fils.

L'autre, au contraire, créée par suite du développement de l'éclairage pour desservir la périphérie, doit transporter au loin l'énergie électrique avant son utilisation; elle produit un courant alternatif à la tension relativement élevée de 2400 volts.

Mais toutes deux empruntent leur force motrice à la distribution municipale d'eau sous pression.

Je dirai donc, avant d'aller plus loin, quelques mots de cette distribution.

Utilisation des forces motrices du Rhône.

C'est au commencement du siècle dernier que la ville de Genève a commencé à utiliser la puissance des eaux du Rhône; depuis cette époque, l'usine primitive a subi bien des modifications et des agrandissements et aujourd'hui il n'en reste plus aucune trace. Je ne m'arrêterai qu'à la description de l'usine actuelle.

Cette installation a été étudiée par M. l'Ingénieur Turrettini, de concert avec MM. Pestalozzi et Légler, afin d'obtenir, en même temps que l'utilisation de la force, la régularisation du niveau du lac.

Après plusieurs études, on se décida à utiliser le bras gauche du Rhône comme canal industriel et le bras droit comme canal de décharge. L'usine hydraulique se compose, en principe, d'une série de turbines dont l'axe vertical actionne directement les pompes qui refoulent l'eau au réservoir supérieur.

Le bâtiment qui les renferme est un grand hall dont le sous-sol se compose de vingt chambres destinées à recevoir autant de turbines et comprenant chacune un canal d'amenée, un canal de décharge et une chambre de vannage. A l'entrée du canal d'amenée se trouvent les grilles avec la passerelle de service; des vannes à panneaux permettant d'admettre une plus ou moins grande quantité d'eau; l'extrémité du canal de fuite est disposée pour recevoir un batardeau provisoire lorsque l'on veut procéder à l'épuisement d'une chambre. La charpente métallique du bâtiment est d'une seule portée et supporte deux grues roulantes de 6 *t*, l'une pour le service des pompes, l'autre pour le service des turbines.

Les turbines sont à réaction du système Jonval à pivot supérieur et vannage sur le distributeur construites par la maison Escher, Wyss et C^ie^. Elles sont calculées pour une force effective de 210 *ch* à 26 tours par minute; elles sont disposées en trois couronnes dont deux sont à vannages afin de pouvoir utiliser une

chute de 3,70 *m* avec un débit de 6 m^3 à la seconde ou une chute de 1,68 *m* avec 13,350 m^3. Chaque turbine actionne deux groupes de pompes horizontales accouplées à angle droit avec piston plongeur à double effet.

Il y avait au début cinq groupes de pompes et turbines.

Deux étaient destinés au service à basse pression (65 *m* au-dessus du lac) avec un débit normal de 15 600 *l* par minute chacun.

Trois groupes étaient destinés au service à haute pression (140 *m* au-dessus du lac) avec un débit de 5 335 *l* par minute.

Le développement du service a nécessité dès le début une augmentation considérable de la force disponible et on a établi neuf groupes nouveaux d'un système intermédiaire entre les deux précédents afin d'avoir la facilité de leur faire alimenter, grâce à l'augmentation de vitesse due à une élévation de chute, le réseau à haute pression de l'eau nécessaire à l'usine électrique.

Au début de l'installation de la distribution d'eau à haute pression, quatre grands réservoirs renfermant de l'air à 15 *atm* suffisaient à maintenir la pression constante; mais, par suite du développement du service, ce volant d'énergie devint insuffisant et l'on fut obligé d'établir un véritable réservoir à air libre sur les hauteurs de Bessinges.

Une soupape de sûreté construite par la maison Foesch et Piccard de Genève empêche le réservoir de se vider, en cas de rupture importante d'un tuyau du réseau. Une pompe centrifuge spéciale mise en mouvement par une turbine dont le distributeur est actionné par un Servo-moteur Foesch et Piccard fait fonction de régulateur de pression, et compense la différence des pertes de charge produites selon que la consommation est supérieure ou inférieure au refoulement des pompes. Dans le premier cas, en effet, c'est l'eau du réservoir qui se déverse dans la canalisation et y arrive avec la perte de charge due au parcours de la conduite d'amenée, le régulateur relève alors la pression de 13 *m*. Après cette courte description qui m'a paru nécessaire pour faire connaître dans son ensemble l'installation électrique de Genève, j'aborde la description de la partie électrique proprement dite.

Distribution à basse tension.

DESCRIPTION GÉNÉRALE.

Ce réseau est le plus ancien et date de 1887. Lors des premières études, pour l'installation de l'éclairage électrique à Genève, on donna, après examen de plusieurs réseaux, la préférence au système à trois conducteurs combiné avec réseau et feeders.

Ce système consiste dans l'emploi de deux machines alimentant chacune un réseau indépendant, mais en employant, au lieu de quatre conducteurs, trois seulement, dont un commun aux deux machines. Ce dernier devrait être d'une section équivalente à l'ensemble des deux autres, mais si l'on groupe les deux machines de telle sorte que les courants qu'elles produisent circulent en sens inverse dans ce conducteur, celui-ci sera parcouru non par la somme, mais par la différence de ces deux courants. Si, d'autre part, on a soin de répartir également le nombre des lampes alimentées sur chaque machine, le courant différentiel traversant le fil commun dit neutre, sera presque nul et l'on pourra réduire considérablement la section de ce conducteur. De là, résulte une économie importante dans le poids de cuivre de la canalisation, avantage qui a valu à ce système une généralisation presque universelle.

L'emploi des feeders a pour but de répartir le courant fourni par l'usine d'une manière aussi égale que possible entre les différents points de la surface à éclairer en s'opposant à l'absorption par la région voisine de l'usine du courant destiné à aller dans la périphérie.

USINE GÉNÉRATRICE.

L'usine qui fournit ce courant est située au milieu du Rhône pres du pont de la Machine, dans les locaux occupés autrefois par la machine hydraulique. Les dynamos produisent, ainsi que je l'ai dit, un courant continu. Elles sont du système Thury et ont été construites à Genève par MM. Guénod, Sutter et Cie. Chacune de ces machines fournit un courant de 600 ampères à 110 volts ; leur vitesse angulaire est assez faible pour qu'elles aient pu être accouplées directement avec les turbines au moyen du manchon élastique et isolant du système Raffard.

Il y a cinq groupes indépendants de machines génératrices dont quatre de deux cents chevaux chacun et un petit groupe

de 25 *ch* de force destiné spécialement au service de jour. A cause du système de distribution à trois fils chaque groupe doit nécessairement comprendre deux dynamos semblables, ces deux dynamos sont actionnées par une turbine unique à axe horizontal placée entre elles.

Chaque dynamo est munie d'un interrupteur automatique destiné à prévenir un des plus graves accidents qui puissent se produire dans une usine électrique : la mise en court circuit d'une machine.

Ces appareils, dont le fonctionnement est souvent vérifié, déclenchent sûrement avec un courant inverse de 40 à 50 ampères. Les turbines sont alimentées par l'usine municipale d'eau à la pression de 13 *atm* ; elles tournent à 350 tours et développent un effort de 200 *ch* ; elles ont été construites par la maison Foesch et Piccard de Genève.

L'appareil de réglage du système Piccard dont elles sont munies présente un certain intérêt, car il permet d'obtenir un réglage automatique de la vitesse des turbines aussi parfait que celui des machines à vapeur et l'on sait combien cette régularité est importante dans une installation d'éclairage électrique.

Je ne puis, à mon grand regret, m'étendre sur ce mécanisme, ce qui m'entrainerait un peu hors du cadre de cette étude.

Je rappellerai simplement que ce régulateur agit sur le vannage de la turbine par l'intermédiaire d'un mécanisme que l'inventeur a appelé par assimilation avec les machines à vapeur « servo-moteur hydraulique ».

L'impression la plus saisissante que l'on éprouve en visitant cette usine est le peu de place occupée par une installation aussi importante. Cet avantage est dû à l'emploi de l'eau sous pression et à l'extrême simplicité des moyens mécaniques employés ; il en résulte une grande sûreté dans le service et une économie notable dans l'entretien du matériel.

Mais cette perfection n'a pas été atteinte dès le début. Elle est le résultat de nombreux tâtonnements.

Les deux premières turbines installées ont reçu, à mesure que le besoin s'en faisait sentir, des améliorations importantes : établissement d'une sourdine sur le canal de fuite pour faire cesser le bruit qui gênait le voisinage ; modification du distributeur pour supprimer le sifflement, adjonction de chicanes pour empêcher les projections d'eau à l'extérieur, modification de la languette du distributeur pour la soustraire à un effet d'aspiration

qui la paralysait ; adjonction d'un by-pass à la vanne et d'une commande à main du distributeur et au moyen de l'eau sous pression ; adjonction d'un réglage micrométrique au pot-à-l'huile du régulateur ; établissement d'un filtre sur l'arrivée de l'eau du moteur ; enfin remplacement du piston du servo-moteur en fonte par un piston en bronze exigé par la nature extrêmement corrosive de l'eau du Lac sous pression.

La simple énumération de toutes ces modifications renferme un enseignement ; elle montre quelles précautions sont à prendre et quels soins il faut apporter dans la construction et l'établissement d'appareils fonctionnant dans ces conditions de pression et de vitesse.

L'usine est desservie par un treuil roulant pour la manutention des pièces de machines.

CANALISATION.

Les câbles reçoivent le courant d'un tableau de distribution dont la disposition est celle ordinairement adoptée pour le groupement à trois pôles.

Le réseau est entièrement souterrain, il a été fourni par la maison Siémens et Halske, de Berlin. Les rues et places éclairées sont sillonnées de câbles soudés entre eux à toutes les intersections des rues ; mais, alors que tous ces fils formant le réseau de distribution sont en communication directe avec les lampes des abonnés, aucun d'eux ne se prolonge jusqu'à l'usine centrale.

Le courant émis par celle-ci est dirigé par 11 câbles principaux (les feeders) sans aucune connexion intermédiaire, sur onze points choisis dans le réseau de distribution, de manière à répartir l'alimentation de ce dernier aussi uniformément que possible.

A l'origine il n'y avait que cinq branchements de cette nature.

La longueur des feeders, qui était en 1891 de 2 156 *m*, atteint aujourd'hui 4 727 *m* ; la section a été calculée pour une perte de charge de 5 0/0 à plein débit ; elle est dans les plus gros de 1 000 mm^2 ; cette perte relativement très faible a l'avantage de ne pas nécessiter de résistances de réglages pour les câbles, mais exige des conducteurs de forte section, par conséquent très coûteux. Les différences de tension entre les divers quartiers de la ville ne dépassent jamais, paraît-il, 1, 5 volt.

Les câbles du réseau, de section moindre que les « feeders », représentent un développement qui a passé de 2 887 *m* en 1891 à 7 567 *m*.

Les câbles sont formés d'un conducteur de cuivre enveloppé d'abord de jute imprégnée, puis recouvert d'un tube de plomb. Celui-ci est également recouvert d'une couche de chanvre goudronné, puis de deux bandes d'acier enroulées en spirale l'une sur l'autre et dont les joints se croisent ; enfin d'une dernière garniture de chanvre qui enveloppe et protège le tout contre les accidents de travaux et de pose.

Tout ce matériel a été posé sous la responsabilité du constructeur.

Les câbles sont placés simplement en terre à une profondeur moyenne de 0,60 *m* et recouverts d'une petite couche de sable et d'une brique. Cette dernière a pour but d'avertir les ouvriers appelés à creuser dans le voisinage. Cette précaution n'a pas toujours suffi, et l'on a déjà eu l'occasion de constater que les enveloppes d'acier des câbles sont à l'épreuve des coups de pioche. La qualité caractéristique de ces câbles est leur grand isolement qui s'élève couramment à 1 500 mégohms par kilomètre et s'est maintenu depuis 1887, époque de la mise en terre, jusqu'à ce jour sans diminution appréciable.

Les fragments de plomb ou de jute que l'on extrait des enveloppes des câbles chaque fois que l'on est appelé à faire une prise nouvelle, ne trahissent pas la moindre altération. Toutes les jonctions de câbles se font au moyen de boîtes de fonte que traversent des câbles auxquels doit venir s'en souder un autre et dans l'intérieur de laquelle un jeu de pièces de communication, munies de plombs fusibles, permet de relier entre elles les différentes parties des conducteurs.

Ces boîtes sont munies de regards à joints de caoutchouc, absolument étanches, qui permettent de détacher facilement un câble du réseau pour les besoins du service.

Les prises conduisant le courant chez chaque abonné sont munies également d'un coupe-circuit et renfermées dans une boîte de fonte, remplie d'une matière isolante, qui les protège complètement contre l'humidité, cause principale d'altération des câbles.

Enfin le câble de prise ainsi soudé au réseau est amené jusqu'à l'intérieur de l'immeuble à desservir, dans la cave, dans l'allée ou dans la cour, et se termine dans une boîte en fonte fixée au mur d'où partent les fils qui vont aux lampes.

La manipulation des câbles demande une habitude toute spéciale pour conserver l'isolement nécessaire, d'autant plus que les travaux doivent être effectués entre une heure et demie et six

heures du matin, seul moment pendant lequel le courant est interrompu.

Toutes les installations des clients sont faites par la Compagnie pour garantir l'exécution rationnelle et l'isolement parfait.

C'est peut-être là une mesure de précaution un peu excessive qui serait difficilement réalisable dans une grande ville.

Des mesures électriques sont prises périodiquement avec le plus grand soin au moyen d'un ensemble d'appareils transportables; en outre, des appareils révélateurs des fuites placés à l'usine renseignent constamment sur l'état d'isolement de la canalisation.

J'aurai terminé l'étude de cette canalisation quand j'aurai dit qu'elle dessert 8400 lampes dont 2400 pour le théâtre seulement, et que, malgré l'inégalité de l'éclairage de cet important consommateur, on est parvenu, grâce à toutes les précautions énoncées ci-dessus, à empêcher que l'éclairage avoisinant en soit sensiblement impressionné.

Distribution à haute tension.

Le développement important de l'éclairage électrique dans la ville de Genève a mis la Compagnie dans l'obligation d'étendre son réseau au delà des limites prévues dès l'origine. Aussi a-t-elle dû installer dans le bâtiment des forces motrices du Rhône, à la Coulouvrenière, une station d'éclairage à courants alternatifs à haute tension. Le courant à haute tension est converti en courant à basse tension par des transformateurs répartis dans la zone d'emploi, et de là il est conduit chez l'abonné au moyen de câbles secondaires rayonnant dans un périmètre de 150 mètres environ autour de chaque transformateur. Cette disposition permet une extension considérable du réseau dans les différents quartiers de la ville, en faisant varier le nombre ou la puissance du transformateur que l'on peut établir partout où le besoin s'en fait sentir.

USINE GÉNÉRATRICE.

La station qui donne naissance à ce courant se compose actuellement d'une dynamo de 50 *ch* et de deux de 200 *ch*, commandées chacune directement par une turbine indépendante à haute pression et à régulateur Foesch et Piccard.

Les dynamos fournissent un courant alternatif de 200 *ch* à 2400 volts de tension avec 60 périodes par seconde. Elles sont munies chacune d'une dynamo excitatrice montée sur l'arbre de la dy-

namo principale. Elles ont été construites par la Compagnie de l'Industrie Électrique, spécialement pour être groupées en dérivation et sont du système Thury. La disposition d'ensemble des machines et leur raccordement avec le tableau de distribution présentent la même organisation générale qu'à la station du courant à basse tension.

CANALISATION.

Le réseau formé de câbles à deux fils concentriques, de la maison Siémens et Halske, est comme l'autre entièrement souterrain. Il forme dans les quartiers extérieurs de la ville, sur les deux rives du Rhône, deux circuits d'une longueur totale de 4 500 mètres, mais ils sont susceptibles d'une grande extension pour satisfaire aux besoins de l'avenir. Ces deux circuits desservent actuellement vingt et une stations de transformateurs, logés dans des colonnes de tôle décorée; chacune d'elles peut recevoir trois transformateurs de 10 000 volts.

Les stations secondaires sont placées sur les deux circuits à peu près à égale distance les unes des autres.

Les réseaux à basse tension qui partent de chacune d'elles, appelés réseaux secondaires, sont composés de câbles concentriques à trois fils, absolument semblables à ceux du réseau à courant continu. Ils distribuent l'électricité dans les maisons, avec une tension de 110 volts, dans un rayon moyen de 150 *m* autour des stations secondaires. La longueur des câbles secondaires est actuellement de 3 500 *m*.

Le nombre des lampes alimentées par le courant à haute tension est d'environ 4 500.

Exploitation.

Tous les abonnements sont faits au compteur; la Compagnie utilise sur le réseau à courant continu, suivant les cas, des compteurs d'ampères ou des compteurs d'heures; les premiers sont du système Batault et du système Aaron et tous deux paraissent satisfaisants. Il sortirait du cadre de mon étude générale de décrire ici ces appareils; je dirai seulement que les compteurs d'heures, spécialement réservés aux petites installations, sont simples et peu coûteux; ils ont par contre l'inconvénient d'obliger à placer autant d'appareils qu'il y a de circuits dans l'installation.

Pour le courant alternatif on n'emploie que le compteur Aaron

légèrement modifié. J'ai pu voir les rapports du Conseil d'administration de la Compagnie, aux Assemblées générales des actionnaires jusqu'en 1892, et leur examen fait ressortir la situation florissante de cette belle entreprise dont la prospérité était assurée par l'excellence du matériel et l'intelligence avec laquelle elle est dirigée par son personnel administratif et technique.

Le tableau joint au dernier rapport, représentant le développement de la station d'éclairage depuis le 1er janvier 1886 jusqu'au 30 avril 1893, est plus éloquent à cet égard que ne pourrait l'être tout commentaire. En terminant ce rapide exposé de l'installation électrique de Genève, que l'on a pu, avec raison, citer comme un modèle, qu'il me soit permis d'adresser ici tous mes remerciements à M. d'Éverstag, Président du Conseil d'administration, ainsi qu'à MM. les Ingénieurs, pour la courtoisie avec laquelle ils m'ont guidé dans la visite de leurs usines et l'empressement qu'ils ont mis à me fournir des documents dans lesquels j'ai puisé bon nombre des renseignements rapportés ci-dessus et qui auraient certainement échappé à ma mémoire sans ce précieux concours.

Tout à côté de Genève j'ai visité une autre installation électrique également fort intéressante, et qui est un exemple d'une utilisation différente de l'électricité, la traction des tramways.

CHEMIN DE FER ÉLECTRIQUE DU SALÈVE

Les chemins de fer du Salève sont, du moins à ma connaissance, les premiers chemins de fer de montagne, c'est-à-dire de ceux utilisant la crémaillère, sur lesquels la force motrice soit obtenue au moyen de l'électricité. Ils sont destinés à mettre en communication rapide les habitants de Genève et les différentes localités situées près de l'Arve et le long du Salève, avec les villages de Mornex et de Monnetier renommés par leurs cures d'air, et, de plus, à amener les touristes aux Treize-Arbres, en face d'un panorama de montagnes splendide et depuis longtemps connu et apprécié des habitants de la région. De la plaine partent deux tronçons : l'un a son origine à Veyrier, dernière localité du territoire suisse, et arrive à Monnetier en passant le long du pittoresque pas de l'Échelle ; l'autre, destiné plus spécialement à desservir Annemasse, part d'Étrembières, contourne le petit Salève et dessert par deux stations successives le village de Mornex,

avant de venir se souder à l'autre tronçon, à la station de Monnetier-Mairie.

A partir de ce point, la ligne prend le caractère alpestre, les pentes deviennent plus rapides et atteignent jusqu'à 20 et 25 0/0. Le point terminus des Treize-Arbres est atteint en quarante-cinq minutes, soit de Veyrier, soit d'Étrembières.

Usine génératrice.

L'usine est située sur l'Arve, près du confluent de la Viaison, en face de l'endroit où cette dernière rivière est traversée par le viaduc servant au passage de la ligne d'Annecy à Annemasse. On a utilisé un coude très accentué de la rivière, et en creusant un tunnel pour le canal de décharge, on a pu obtenir une chute de 3 *m* sans avoir à faire des travaux de barrage trop considérables. Le bâtiment des machines est construit sur la rive droite de la rivière et est de dimensions suffisantes pour que l'on puisse y installer trois groupes de machines identiques.

Il n'y a actuellement que deux groupes installés. Chacun d'eux se compose d'une turbine à axe vertical construite par M. Rieter, de Winterthur ; ce sont des turbines Girard à injection partielle. A la vitesse de 45 tours par minute, chaque turbine peut développer 300 *ch* au maximum et être accouplée directement à une dynamo.

Les dynamos à courant continu, du système Thury, sont à douze pôles et disposées pour développer normalement 1 000 *ch* à 180 révolutions par minute ; elles travaillent donc à vitesse et à puissance très réduites, ce qui donne une très grande sécurité de fonctionnement. Ces machines sont à excitation séparée, leur enroulement inducteur étant parcouru par un courant de 45 ampères en moyenne. Le poids de cuivre sur les inducteurs atteint 1 450 *kg*. Le champ produit dans l'entrefer a une intensité moyenne de 4 500 lignes par centimètre carré. Les plaques d'aimant sont en fer forgé et les pièces polaires en fonte. Elles sont alésées à 2,5 *m* de diamètre.

L'armature, du type à cylindre creux, en forme de cloche, est constituée par l'assemblage d'un certain nombre de cercles de tôle, chacun de ces cercles étant lui-même formé par quatre segments. L'épaisseur des tôles, suivant le diamètre, est de 15 *cm* et la profondeur du noyau de 45 *cm*. L'armature porte l'enroulement multipolaire Thury formé de 451 sections, donnant un poids total de cuivre de 178 *kg*.

Le collecteur est composé de 451 sections en cuivre rouge étiré, l'isolement entre les différentes sections est assuré par de mica. Le courant est recueilli à la surface du collecteur au moyen de 48 frotteurs en charbon cuivré disposés par séries de quatre sur douze bras.

La machine fournit 600 volts et 280 ampères, son poids total atteint 18 *t.*

Le courant nécessaire pour l'excitation des génératrices est fourni par une dynamo spéciale commandée par une turbine de 15 *ch.* Le réglage de la tension sur la ligne s'obtient par la variation de l'excitation, cette variation se faisant à la fois par l'action d'un régulateur automatique agissant sur l'excitation de l'excitatrice, et par l'action du courant principal qui parcourt une partie de l'enroulement inducteur de l'excitatrice et tend à renforcer son champ magnétique à mesure que le courant augmente dans la ligne principale. On arrive par ce moyen à maintenir la tension sensiblement constante, sur la ligne, quelles que soient les variations de débit, d'autant plus que ce n'est que dans des occasions exceptionnelles comprenant à peine quelques jours par an, que les génératrices marchent à pleine charge.

Ligne de distribution.

Au point où la ligne sort du bâtiment des machines est disposé un poste de parafoudre à condensateur et amortisseur, destiné à préserver les machines et appareils en cas de décharges atmosphériques frappant directement la ligne en un point quelconque de son parcours.

Ces parafoudres utilisant à la fois les propriétés des bobines à forte self-induction et celles des condensateurs sont très simples et très efficaces.

La ligne raccordant l'usine génératrice à la voie du chemin de fer a une longueur de 1 800 *m*, elle est posée rigoureusement en ligne droite, quoiqu'elle ait à passer par un terrain des plus accidentés en rachetant une forte différence de niveau.

Les câbles sont en cuivre nu de haute conductibilité et présentent une section de 430 mm^2 chacun. Ils viennent se souder à la voie près de la station de Monnetier-Mairie, exactement au centre de gravité électrique du système, c'est-à-dire à égale distance de Veyrier, d'Étrembières et des Treize-Arbres

Voie.

La voie, à l'écartement de 1 *m*, est entièrement métallique. La différence de niveau à racheter étant d'environ 900 *m* sur un parcours de 6 *km*, l'on ne pouvait songer à une ligne à simple adhérence. Aussi a-t-on adopté le système à crémaillère. C'est le système Abt qui est employé. La crémaillère est composée d'une seule lame dans les rampes inférieures à 12 0/0 et de deux lames à dents entre-croisées dans les rampes plus fortes ; elle est placée entre les rails dans l'axe de la voie. Un dispositif ingénieux permet aux roues de traverser la crémaillère dans les aiguilles.

Les traverses employées sont métalliques et solidement encastrées dans un ballast de 0,35 *m* d'épaisseur constitué de pierres cassées ; leur écartement est de 0,900 *m*. On a coulé, de distance en distance, des blocs de béton contre lesquels viennent buter certaines traverses pour augmenter la résistance au glissement de la voie suivant la pente.

Les rails sont du type Vignole, pesant 15,5 *kg* le mètre courant. L'ensemble, rails, traverses et crémaillères, est utilisé comme conducteur de retour pour le courant. La communication entre les bouts de rails est assurée au moyen de câbles souples en cuivre solidement fixés et soudés aux extrémités des rails. Le courant est porté le long de la voie par un rail de même type que les rails de roulement, mais retourné, c'est-à-dire avec la face plane en dessous.

Ce rail est soutenu à environ 0,50 *m* du sol au moyen de tiges de fer portant sur le bout des traverses métalliques. Ces tiges de fer s'engagent à leur extrémité dans un fort isolateur de porcelaine solidement vissé. Sur cet isolateur de porcelaine, avec interposition d'une feuille de plomb, vient s'ajuster un collier métallique portant le rail conducteur. Les différents tronçons dont se compose le conducteur sont aussi reliés électriquement entre eux par des bouts de câbles en cuivre, et de distance en distance le rail est complètement interrompu sur une distance de 0,50 *m* à 0,60 *m* pour laisser libre jeu aux effets de dilatation et de contraction. Les choses sont disposées de telle sorte que le contact avec le rail a toujours lieu au moins par l'un des deux frotteurs de la voiture ; la surface de ceux-ci étant prise largement suffisante pour que l'un d'eux puisse, sans échauffement, recueillir le courant total nécessaire.

Voitures.

Les voitures automobiles contenant quarante places sont munies chacune de deux moteurs de 40 *ch* pouvant en développer 50 *ch* en coup de collier; elles proviennent de Neuhausen (Schaffhouse). Les moteurs font normalement 600 tours par minute et attaquent la crémaillère par un double engrenage réducteur qui réduit le nombre des tours dans la proportion de 13 à 1. Les voitures suivant la rampe plus ou moins accentuée sont animées de vitesses variant entre 1,50 *m* et 3 *m* par seconde.

La prise de courant par les voitures se fait au moyen de deux frotteurs pour chaque côté de la voiture; une seule paire portant en même temps. Ces frotteurs sont en bronze très massif et pourvus de ressorts de pression assurant un bon contact malgré les vibrations. Le retour aux rails se fait par l'intermédiaire du châssis de la voiture et des roues. Avant d'arriver aux moteurs, le courant passe par des parafoudres et par une série de résistances au moyen desquelles on peut faire varier la vitesse et obtenir un démarrage progressif, sans secousses.

La manette de manœuvre, à la disposition du mécanicien, agit sur un commutateur muni d'un certain nombre de contacts, et par le moyen duquel on peut faire varier dans de très grandes limites la résistance en circuit. Un autre appareil permet d'obtenir la marche en avant et la marche en arrière en changeant le sens du courant dans les induits.

Un ampère-mètre placé sous les yeux du mécanicien lui permet de se rendre compte à chaque instant des conditions de fonctionnement des moteurs.

Le courant nécessaire pour l'éclairage est pris en dérivation sur la ligne principale. L'éclairage emploie cinq lampes de seize bougies montées en séries. Trois de ces lampes éclairent l'intérieur du wagon, les autres sont disposées dans les projecteurs d'avant et d'arrière.

Sur le circuit de ces lampes, on a disposé un rhéostat permettant de régler la tension aux bornes de façon que les filaments ne soient pas trop poussés.

Pour des véhicules circulant sur des pentes de 25 à 30 0/0, la question du freinage est des plus importantes.

Au Salève, elle est assurée par trois dispositions, dont deux électriques et une mécanique.

La première solution électrique, la plus energique, consiste à renverser le courant dans les moteurs, ce qui provoque l'arrêt immédiat. Elle est peu employée à cause des secousses violentes qui résultent de sa rapidité d'action. La seconde, la plus employée, consiste à faire tourner les moteurs comme génératrices et à envoyer le courant produit dans les résistances où il est dépensé sous forme de chaleur. On ne peut rêver de système de frein à la fois aussi sensible et aussi élastique, le passage d'une touche à l'autre du rhéostat permet de constater un changement dans la vitesse de descente. En diminuant la résistance jusqu'à la fermeture en court circuit, on provoque l'arrêt complet sur les rampes les plus fortes. Le freinage mécanique se compose de deux freins à vis actionnant, au moyen de tringles, quatres paires de mâchoires en bronze, prenant des poulies à gorge, en fonte, fixées sur l'arbre des moteurs. Un seul de ces freins doit suffire à provoquer l'arrêt complet de la voiture avec un effort de 6 *kg* seulement sur la manette. Ce freinage est pourvu d'une circulation d'eau abondante, son fonctionnement étant presque impossible, si cette condition n'est pas satisfaite.

Des réservoirs cylindriques remplis à chaque voyage sont disposés pour fournir l'eau nécessaire.

Les différentes stations du chemin de fer sont reliées entre elles et avec la station génératrice, au moyen d'un réseau téléphonique complet.

TRAMWAY ÉLECTRIQUE DE L'ORBE

Ce tramway quoique construit par la même maison que le précédent, en diffère notablement comme disposition du conducteur électrique.

Celui-ci, en effet, est aérien, au lieu d'être au niveau du sol. Il présente aussi un intérêt particulier au point de vue du problème de traction à résoudre, car s'il n'aborde pas des pentes exigeant la crémaillère comme au Salève, les machines motrices ont été calculées pour permettre aux voitures automobiles de remorquer un wagon ordinaire à marchandises, à pleine charge.

La petite ville d'Orbe, dans le canton de Vaud, est située sur la rivière du même nom qui descend du lac Joux; elle est assez commerçante et possède, en particulier, des moulins et des tanneries.

Située entre le chemin de fer de Lausanne à Neuchâtel et celui

de Lausanne à Pontarlier, elle est desservie sur le premier par la station de Chavornay et sur le second par la station d'Arnex. Mais, quoique la distance d'Orbe à Chavornay ne soit que de 4 *km* environ, les habitants de la petite ville qui n'avaient pour faire le trajet que des diligences assez peu confortables et surtout comportant peu de places, songeaient au moyen d'améliorer les communications et, par cela même, contribuer au développement du pays. La question fut longtemps agitée entre les notables habitants de la ville, aidés de quelques personnes compétentes, au point de vue technique, et en fin de compte, après avoir constaté les progrés réalisés par les tramways électriques et s'être pénétrés de l'idée qu'avec les forces motrices dont on disposait sur l'Orbe, il suffirait d'une seule usine pour assurer l'éclairage de la ville et le service de la traction électrique, on se décida à adopter le principe de la construction d'un tramway électrique. L'exécution en fut confiée à la Compagnie de l'industrie électrique de Genève.

Voie.

La voie ferrée, sur la plus grande partie de son parcours, suit la route de Chavornay à Orbe; elle ne s'en écarte que dans quelques endroits, quand le tracé ne lui est pas favorable ou que la route n'est pas suffisamment large. On a adopté la voie normale de 1,44 *m*, permettant de monter des wagons de marchandises à Orbe sans transbordement, ce qui devait faire une grande économie au point de vue du temps et de l'argent. Il existe dans ce but, à la gare de Chavornay, une voie de raccordement avec le Jura-Simplon. Outre les deux stations extrêmes, il y a en plus trois haltes intermédiaires sur le trajet.

En quittant la gare de Chavornay, la voie descend sur environ 400 *m*, puis reste sensiblement en palier sur une longueur de 2 *km* pour arriver enfin en bas d'Orbe à la rampe maxima qui est de 25 *mm* par mètre et presque ininterrompue sur une longueur de 1200 *m*.

Usine génératrice.

La station génératrice est située à proximité de la rivière l'Orbe à environ 600 *m* en dessous de la ville.

On a installé une turbine de 70 *ch*, commandant par courroie une dynamo système Thury, type H B, de 45 000 watts à 550 wolts en moyenne.

Cette machine fait normalement 475 tours par minute; elle est excitée par une petite dynamo spéciale pouvant produire de 5 à 5,5 kilowatts. Cette petite machine sert aussi à fournir l'éclairage de l'usine génératrice.

Ligne de distribution.

Au sortir de la machine génératrice, le courant passe par le tableau de distribution où sont fixés tous les appareils de mesure et de réglage nécessaires tant à la génératrice qu'à l'excitatrice, puis par un poste de parafoudre à condensateur et amortisseur, et, en parcourant deux conducteurs de cuivre nu de 9 *mm* de diamètre, va rejoindre la voie ferrée.

La ligne aérienne est à un seul fil conducteur en acier de 6 *mm* de diamètre avec fil d'alimentation en cuivre nu. Les isolateurs employés sont de fabrication américaine en mica moulé; cette substance est remarquablement tenace au point de vue mécanique; elle résiste parfaitement aux chocs et donne un isolement électrique excellent. Le retour se fait par les rails, qui, en vue d'assurer une bonne conductibilité électrique, sont munis à chaque éclisse de bouts de câbles de cuivre formant pont.

Voitures.

Les voitures, contenant environ trente places, plus un compartiment à bagages, pèsent environ 10 *t* en charge, et sont munies de moteurs puissants pour être en état de remorquer sur la ligne un wagon chargé pesant environ 20 *t*. Chaque voiture porte deux moteurs de 20 *ch* chacun à 600 tours par minute; ces moteurs attaquent l'essieu au moyen d'un double train d'engrenages réducteurs à dents de bois pour diminuer le bruit de la transmission autant que possible. Il y a trois de ces voitures pour assurer le service. Les vitesses adoptées sont comprises entre les limites de 2 à 5 *m* par seconde, suivant le point du parcours. La prise du courant sur le fil se fait au moyen d'un contact glissant porté au bout d'une perche en bois formant bras articulé de façon que les contacts puissent suivre tous les contours du fil aérien sans exercer sur lui une traction anormale. Les voitures sont éclairées au moyen d'un certain nombre de lampes montées en série et alimentées par une dérivation du courant servant pour les moteurs de la voiture.

SOCIÉTÉ ÉLECTRIQUE DE VEVEY-MONTREUX

A l'extrémité du lac de Genève, j'ai visité la station électrique de Vevey-Montreux qui fournit la lumière aux communes riveraines depuis Corsier jusqu'à Villeneuve, et exploite en même temps le tramway électrique de Vevey-Montreux-Chillon, d'une longueur de 10 *km*; on y trouve réunies les deux grandes applications de l'électricité, la lumière et la traction; ces deux services sont alimentés par des courants très différents, celui qui produit l'éclairage est alternatif et à haute tension, le second est continu à la tension relativement basse de 600 volts.

A côté des moteurs hydrauliques, l'usine possède des moteurs à vapeur de secours, dont l'action peut à volonté se substituer ou s'ajouter suivant les besoins, et agir sur l'une quelconque des dynamos.

Je décrirai donc avec quelques détails ces installations, convaincu qu'elles pourront, dans bien des cas, donner une indication utile, au moins dans leur ensemble, pour l'établissement de projets de stations centrales d'électricité, bien que les détails ne nous aient pas paru absolument irréprochables, ce qui tient sans doute à ce que cette installation est une des premières faites en Europe.

Force motrice.

La force motrice principale est fournie par les eaux d'un torrent appelé la Baie de Montreux. La captation est faite au moyen d'un barrage d'une hauteur de 1,20 *m* et de 8 mètres de large; il n'y a pas, malheureusement, de lac formant réserve pour compenser les différences de débit du cours d'eau suivant la saison, c'est pour cette raison que l'on a dû établir des machines à vapeur de secours.

L'ouverture pratiquée dans le barrage pour le départ de l'eau est pourvue d'une grille qui arrête les corps solides les plus volumineux. L'eau est conduite ensuite par un canal ouvert de peu de longueur, dans un réservoir spécial appelé dépotoir, destiné à retenir la boue que le torrent entraine en abondance. Ce dépotoir est constitué par l'élargissement du canal d'amenée, de manière à produire un ralentissement de vitesse qui facilite le dépôt des matières terreuses. L'eau arrive par une extrémité, traverse quatre grilles de plus en plus serrées, qui arrêtent les

corps flottants, et enfin s'écoule à l'autre extrémité, dans le canal de dérivation. Celui-ci est formé de tuyaux en ciment de 0,55 *m* de diamètre et sa longueur est de 1 300 *m*; il amène l'eau dans deux réservoirs juxtaposés, d'une capacité totale de 6 000 m^3 environ, placés à un niveau peu inférieur à celui du barrage; cette conduite n'a donc pas de pression notable à supporter.

A la suite d'un accident survenu il y a quelques années, et qui faillit avoir les plus graves conséquences, ces réservoirs, primitivement constitués par des murs en maçonnerie, ont été remplacés; ils sont maintenant creusés dans la montagne à flanc de coteau; leur capacité est suffisante pour fournir la force nécessaire au travail d'une soirée.

Voici comment se fait l'arrivée de l'eau : entre les deux réservoirs se trouve une sorte de puits comprenant deux compartiments concentriques séparés par une cloison verticale annulaire. Au fond du compartiment central débouche le canal d'amenée, tandis que deux ouvertures percées, dans la paroi verticale, amènent l'eau aux réservoirs. Un jeu de vannes permet d'interrompre en cas de besoin la communication avec l'un ou l'autre des réservoirs. Le compartiment annulaire sert de trop-plein et un tuyau placé au fond emmène l'eau qui se déverse à quelques mètres plus loin, sur le flanc de la montagne.

Des réservoirs part la conduite de charge de 0,450 *m* de diamètre et d'une longueur de 900 *m*. Elle est en fonte à la partie supérieure et en tôle d'acier dans les parties soumises à une pression importante; la hauteur de chute depuis le réservoir jusqu'à l'usine est en effet de 250 *m*.

Les plus grandes précautions ont été prises pour éviter les accidents au moment du remplissage de cette conduite; à la partie supérieure se trouvent des évents qui débouchent au-dessus du niveau de l'eau pour l'évacuation de l'air; et à la partie inférieure est établi un réservoir cylindrique en tôle, dans lequel on refoule l'air à la pression voulue pour éviter des coups de bélier.

Je me suis étendu assez longuement sur cette partie de l'installation qui m'a paru très intéressante; elle permet de faire faire à l'eau la plus grande partie du trajet depuis le barrage dans des conditions économiques dans une conduite sans pression, tandis que, grâce à la rapidité de la chute on a réduit au minimum la longueur de la canalisation coûteuse.

A notre avis, cette installation serait parfaite, si elle comprenait à son origine un lac ou réservoir assez important pour parer

aux différences de débit du cours d'eau suivant les époques de l'année ; je dois dire que les conditions topographiques et le fait que la baie de Montreux charrie beaucoup de matériaux dans les crues, ne permettent guère la création d'un réservoir ou lac artificiel dans le lit de ce torrent.

Il y a un autre reproche à faire, mais il n'est pas inhérent au principe.

Le diamètre des tuyaux d'amenée est devenu insuffisant par suite de l'extension de l'usine, aussi arrive-t-il parfois que l'on est obligé de se servir des machines à vapeur alors qu'il s'échappe en pure perte au trop-plein supérieur de l'eau qui aurait suffi à répondre au service si la canalisation avait été suffisante pour amener toute l'eau à l'usine. Pour utiliser aussi complètement que possible la force hydraulique, la Société Électrique de Vevey-Montreux va faire construire une seconde canalisation.

C'est là un enseignement dont les Ingénieurs feront bien de faire leur profit dans l'établissement de projets analogues.

Usine.

Les services de l'éclairage et du tramway sont complètement distincts. Le premier a comme moteurs trois turbines de 300 *ch*, marchant à la vitesse moyenne de 280 tours à la minute.

Pour le second, il y a deux turbines de 120 *ch* à la vitesse de 150 tours. Enfin deux petites turbines de 35 *ch* actionnent les excitatrices. Toutes ces turbines sont du système Girard et sortent des ateliers de constructions mécaniques de Vevey.

L'état d'impureté de l'eau n'a pas permis de faire usage des régulateurs Fœsch et Piccard, dont j'ai déjà parlé, et on a dû adopter des régulateurs très simples à piston plongeur dont le fonctionnement est satisfaisant.

Machines à vapeur.

L'installation des moteurs à vapeur comprend trois chaudières semi-tubulaires, construites par la maison Sulzer.

Les machines à vapeur horizontales compound, disposées en tandem au nombre de deux, ont été aussi construites par la maison Sulzer, et sont de son type spécial ; leur puissance est de 300 *ch* à la vitesse de 250 tours par minute. Les machines à vapeur ainsi que les dynamos faisant le service de l'éclairage et les turbines qui les

commandent sont accouplées par des manchons d'embrayage sur un même arbre de 40 *m* de longueur.

Au contraire, les dynamos qui fournissent l'électricité au tramway et leurs turbines sont montées séparément sur deux arbres parallèles; toutefois ces arbres peuvent recevoir leur mouvement des machines à vapeur ou des grandes turbines au moyen d'une transmission par câbles et poulies à gorges.

Dynamos.

Les dynamos destinées au service de l'éclairage produisent un courant alternatif et sont elles-mêmes divisées en deux groupes alimentant deux réseaux différents : celui de Vevey, à la tension de 1 120 volts, et celui de Montreux à la tension de 1 050 volts en marche normale; cependant, aux heures où le service est le moins chargé, un seul des deux groupes fournit le courant aux deux services.

Les machines, ainsi que toute l'installation électrique de l'usine ont été construites sur place dans les ateliers mêmes de la Société; elles sont du type Ganz modifié et sont constituées par un inducteur mobile présentant l'aspect d'une étoile à vingt branches, formant autant d'électro-aimants. Cet inducteur tourne à l'intérieur d'une enveloppe fixe, sur laquelle sont placées les bobines d'induction en nombre égal. Le diamètre total de la dynamo est de 2,10 *m* et sa largeur de 0,70 *m*; la puissance normale est de 100 à 120 kilowats, et le nombre de périodes à la seconde est, en pleine charge, de 50, soit 6 000 alternances par minute. On a, bien entendu, adopté pour les manchons d'embrayage la disposition à deux mâchoires qui assure la coïncidence des phases des machines entre elles.

Les excitatrices produisent un courant de 130 volts et 180 ampères et servent en même temps de régulateur; j'ai dit qu'elles sont mues par des turbines spéciales en dehors de l'arbre principal de l'usine, mais elles peuvent en recevoir leur mouvement par l'intermédiaire de courroies. Les dynamos qui fournissent le courant à la ligne de tramway, produisent un courant continu à la tension de 600 volts et leur puissance est de 160 kilowats.

Le tableau de distribution comprend les dispositions ordinaires, il se compose essentiellement de deux paires de barres de cuivre attribuées chacune à un réseau et permettant le couplage en parallèle des six machines; il comprend, en outre, tous les appareils de mesure et de sécurité nécessaires.

Avant de quitter l'usine, ajoutons qu'elle renferme un atelier complet pour la construction des appareils électriques. Plusieurs machines y sont actionnées par des moteurs électriques recevant leur courant des machines du tramway ou des excitatrices.

Les travaux d'entretien et de réparation de la ligne aérienne et des voitures du tramway sont exécutés à l'atelier du dépôt, à Clarens.

Canalisation.

Du tableau de l'usine partent pour Vevey deux câbles, l'un concentrique et souterrain, l'autre aérien composé de quatre fils de cuivre de 9 *mm* de diamètre. Tous les deux desservent le point central de Vevey où ils aboutissent à un tableau qui est le centre de distribution à haute tension et basse tension pour la ville et ses environs.

La disposition de ce tableau permet de transmettre aux canalisations secondaires le courant des câbles aériens, des câbles souterrains ou des deux. De là, le courant passe par les transformateurs où il est réduit à 100 volts, puis il est envoyé par trois câbles secondaires dans différents centres de consommation. Les jonctions entre fils aériens et câbles souterrains se font généralement sur des poteaux au sommet desquels le second est amené, soit à l'intérieur, soit dans un tube fixé latéralement. Les transformateurs sont du type Westinghouse; ils sont pourvus d'interrupteurs, de coupe-circuits fusibles et de parafoudres.

Le réseau de Montreux est branché aussi sur câbles souterrains et aériens comme celui de Vevey.

Pour satisfaire aux demandes d'éclairage, toujours plus nombreuses, la Société va subdiviser ces deux réseaux en plusieurs groupes, installer encore des turbines, une troisième machine à vapeur de 300 *ch* et augmenter suivant les besoins le nombre des dynamos.

Exploitation.

Les installations sont faites chez les abonnés par les agents de la Société.

L'électricité est livrée à forfait ou au compteur; dans ce dernier cas, c'est généralement le compteur d'heures Aubert qui est employé pour les petites installations, mais pour les installations importantes, on emploie les compteurs Aron, Borel-Paccaud et Thomson.

Avec les compteurs, la Société remplace les lampes à ses frais,

tandis que, dans le tarif à forfait, c'est l'abonné qui paie ce remplacement, mais il est tenu de se fournir à la Société. Cette différence a sans doute été établie pour engager l'abonné à forfait à ne pas consommer d'électricité inutilement; en effet, le nombre d'heures d'éclairage que peut fournir une lampe étant limité, celui-ci a intérêt à la faire durer le plus longtemps possible et, par conséquent, à ne pas laisser ses lampes allumées sans cesse. Toute cette organisation m'a paru fonctionner sans difficulté.

Tramway.

Le tramway réunit Vevey à Chillon et dessert sur son parcours les stations balnéaires de Clarens, Vernez et Territet-Glion; cette ligne est très fréquentée pendant la saison et rend de grands services aux nombreux touristes de ces diverses stations.

La voie ferrée suit, sur tout son parcours, la route qui longe le bord du lac.

Comme au tramway de Chavornay à Orbe, la ligne de prise de courant est aérienne, mais elle est à deux fils et présente, dans sa disposition, de notables différences. Sur le côté de la voie sont placés, de distance en distance, des consoles ou des poteaux munis à leur partie supérieure de consoles qui supportent les deux câbles en fil d'acier auxquels sont suspendus, par des fils de fer des tubes en cuivre; les câbles et les tubes ainsi reliés servent simultanément à conduire le courant électrique.

Ces tubes sont fendus sur toute leur longueur suivant la génératrice inférieure. Les deux tuyaux conducteurs sont réunis, de distance en distance, par de solides entretoises pourvues en leur milieu d'un isolant d'une grande résistance pour éviter le passage direct du courant d'un conducteur à l'autre.

Un capteur de courant est dans l'intérieur du tube en cuivre.

Ce capteur est relié au travers de la fente longitudinale à la voiture d'abord par une corde qui le tire, puis par un fil conducteur qui n'est jamais tendu.

Aux points de bifurcation, la ligne aérienne possède un véritable jeu de petites aiguilles qui donne la direction voulue au traîneau ou curseur.

La disposition que je viens de décrire paraît fonctionner convenablement, mais il faut reconnaître qu'elle est d'un aspect un peu lourd; les câbles creux ont forcément un assez grand diamètre, il y a donc tout le long de la voie quatre conducteurs parallèles très apparents qui, certainement, nuisent au bon effet

de la ligne. Ces défectuosités au point de vue esthétique sont, il est vrai, compensées par un rendement que ne peuvent avoir les tramways utilisant les rails pour le courant de retour. Ainsi 65 chevaux-hydrauliques suffisent en moyenne pour le service à 10 minutes du tramway avec 16 voitures dont 13 sont simultanément en circulation.

Je me suis attaché à la description de cette distribution de courant parce qu'elle est la seule particularité de ce tramway qui est une des plus anciennes lignes électriques établies en Europe.

Je ne m'arrêterai pas longtemps à décrire les voitures qui sont du type ordinaire et présentent peu de différence avec celles que j'ai déjà étudiées.

Chacune d'elles possède une dynamo réceptrice de 25 *ch* actionnant un seul essieu moteur. L'éclairage et le chauffage sont également produits par l'électricité.

Telles sont les installations hydrauliques et électriques qu'il m'a été donné de visiter sur les bords du lac de Genève. D'après leur description, on peut voir combien cette question est maintenant avancée et on peut surtout se convaincre que l'éclairage et la traction par l'électricité, en utilisant les forces naturelles, est un procédé commode et sûr qui permet d'aborder les problèmes les plus divers et même les plus difficiles; et c'est avec plaisir que l'on en a vu l'emploi se généraliser en France depuis quelque temps.

Aussi y a-t-il là sujet à de nombreuses et intéressantes communications et je me permets d'exprimer le vœu qu'elles ne nous feront pas défaut.

En suivant un ordre d'idées analogue à celui qui m'a guidé dans le choix des installations que j'ai décrites, la nature des moteurs actionnant les dynamos, il y aurait un sujet très important à traiter dans l'étude des usines électriques qui empruntent leur énergie à des moteurs à gaz.

Il est en effet remarquable que la production de l'électricité a donné aux moteurs à gaz une importance que l'on ne soupçonnait pas il y a quelques années.

Un exemple des plus intéressants en a été donné à l'Exposition de Lyon où un service public de tramways n'avait pas d'autre source de force.

Je me propose de traiter un jour ce sujet devant la Société à moins qu'un de mes collègues, plus autorisé, ne me devance, ce que je souhaite vivement.

ÉTUDE

SUR LES

RENDEMENTS COMPARÉS DE L'ÉLECTRICITÉ

ET DE L'AIR COMPRIMÉ

POUR LA TRACTION MÉCANIQUE DES TRAMWAYS

PAR

M. Ed. BADOIS

La question de la traction mécanique sur les voies des tramways préoccupe à juste titre les Ingénieurs. — M. de Marchena a présenté sur ce sujet à la Société un Mémoire très développé et fort intéressant, mais qui nécessite certaines réserves, notamment sur les rendements économiques d'Exploitation par l'électricité et par l'air comprimé. C'est sur ces points que nous désirons appeler l'attention.

I

Nous serons d'accord tout d'abord sur ce qu'il n'existe pas et ne peut pas exister pour la traction mécanique des tramways un système idéal, applicable à toutes les conditions qui se présentent.

La traction mécanique offre en général pour les lignes à créer certains avantages : elle a la faveur du public, elle permet d'effectuer un service plus régulier, plus rapide, de gravir sans grand ralentissement les rampes très accentuées de certains tracés, de donner plus de confortable et de luxe aux voyageurs. — Elle ne serait pas applicable, au contraire, dans certains pays où le combustible est cher, tandis que les chevaux et les fourrages sont à bon marché.

La traction animale doit être plus économique pour les lignes de faible importance, à petit trafic, dont les recettes sont restreintes. Au contraire, la traction mécanique devient préférable pour les lignes importantes, à profil accidenté, offrant un grand trafic et des recettes justifiant des installations coûteuses.

Cela étant décidé qu'on appliquera la traction mécanique pour une ligne, M. de Marchena fait une dissertation sur l'emploi des automobiles ou des locomotives. Il semble ne goûter la voiture automobile que pour les lignes urbaines à circulation régulière, sur lesquelles les trajets moyens sont de faible importance et il préconise l'adoption de la locomotive pour des lignes vicinales ou pour celles réunissant les villes à leurs banlieues, ou le centre à la périphérie, lorsque le parcours moyen des voyageurs est assez grand et l'affluence du public irrégulière. Il ne redouterait même pas la combinaison des deux modes de traction.

Ces propositions nous semblent peut-être trop absolues.— Dans la pratique, sauf pour l'application des systèmes de traction mécanique qui exigent forcément l'emploi d'une locomotive, ce qui constitue une évidente infériorité, il semble rationnel de faire usage de voitures automobiles de préférence, sur les voies de tramways, en raison de ce que le poids nécessaire pour l'adhérence est formé en partie par les voyageurs eux-mêmes, c'est-à-dire par un poids utile et payant et non par une charge morte comme dans la locomotive.

On remarquera que l'affluence dans ce cas est un double bénéfice, puisque la voiture automobile, à peu près remplie de voyageurs, permet de transporter d'autres voyageurs dans une ou deux voitures remorquées et ce dans des conditions de traction très économiques. Nous pensons donc qu'il faut d'une manière à peu près générale réserver l'emploi de la locomotive remorquant un train aux lignes de chemins de fer sur routes, s'arrêtant à des stations fixes et assez distantes les unes des autres, sans arrêt intermédiaire, et rechercher la solution par voitures automobiles pour les tramways proprement dits, dont la caractéristique est d'avoir des arrêts très fréquents pour prendre et laisser des voyageurs, et pour ainsi dire des stations à chaque îlot de maisons.

Nous ne dirons rien des systèmes funiculaires, dont les résultats d'exploitation sont des plus variables selon les conditions d'établissement, et nous ne nous occuperons pas non plus des systèmes de traction autres que l'électricité et l'air comprimé.

Nous n'insisterons pas sur les détails d'installation des tramways électriques décrits par l'auteur, tant pour la traction au moyen de trolleys, que par l'emploi de conducteurs au niveau des rails, ou des accumulateurs. Le mémoire renferme un grand nombre de données et de chiffres que les ingénieurs électriciens ont toute compétence pour discuter.

Et nous aborderons tout de suite l'examen de quelques résultats pratiques et économiques, énoncés par M. de Marchena comme conséquence générale de son étude.

II

Au sujet du rendement des *installations à trolleys*, il est signalé que des mesures précises effectuées en Amérique n'ont pas donné plus de 0,30 à 0,40 pour le rapport entre le travail recueilli aux jantes des roues et celui indiqué dans les cylindres à vapeur de l'usine centrale et qu'on a même eu souvent beaucoup moins, quand les conditions de la transmission de la ligne électrique laissaient à désirer.

En ce qui concerne la consommation de combustible correspondante, on trouve dans le mémoire des appréciations qui ne se concilient pas entièrement entre elles.

Il ne nous paraît pas y avoir une corrélation exacte entre les éléments d'information relatés au § 32 et les évaluations de dépense de force motrice formulées au § 33 qui suit.

Si nous serrons de plus près la discussion du rendement d'une installation électrique d'après les indications du § 32, nous arriverons aux constatations suivantes :

1° Rendement de l'appareil producteur d'électricité

M. de Marchena observe, avec raison, que la puissance varie à chaque instant dans d'énormes proportions, de même que le débit des dynamos génératrices, et que l'allure de ces machines motrices se trouve constamment écartée de leur point de marche le plus favorable. Il indique que la consommation de combustible ne descend guère à l'usine centrale au-dessous de 1,750 *kg* par cheval électrique disponible aux bornes des dynamos, quand les conditions de fonctionnement sont excellentes, et elle est, dit-il, souvent bien supérieure à ce chiffre.

Il en résulte, pour nous, que le cheval-vapeur s'obtenant couramment dans les machines de 300 à 350 *ch* d'un usage fréquent pour l'électricité avec 0,850 *kg* à 0,900 *kg* ou au plus 1 *kg* de charbon brûlé dans les chaudières, la consommation de 1,750 *kg* dénote une utilisation de $\frac{0,875}{1,750} = 0,50$ à $\frac{1,000}{1,750} = 0,57$ entre le cylindre et les bornes des dynamos génératrices.

2° Transmission du courant par la ligne

Il est indiqué que si l'isolement de la ligne est parfait, la perte de ce chef peut être réduite à 10 0/0. Mais que si l'isolement du réseau laisse quelque peu à désirer, il n'en est plus de même. Nous ajouterons que le retour par la terre qui a lieu généralement, au lieu de se faire par une ligne isolée, donne souvent des pertes considérables; on sait aussi qu'il faut faire usage d'un ou de plusieurs feeders, dès que la ligne dépasse une longueur de 3,5 *km* à 4 *km*, c'est une autre cause de perte de courant. Il ne faudrait donc pas compter, suivant nous, sur un rendement de la transmission de plus de 0,80 à 0,85, dès qu'il s'agit d'un réseau de quelque importance.

3° Utilisation par les moteurs de l'automobile

M. de Marchena reconnait que ces moteurs ne sont pas combinés pour le meilleur rendement. Il dit qu'à pleine charge, leur rendement atteint en général 70 à 75 0/0, mais qu'aux autres allures il est sensiblement moindre, que ces moteurs fonctionnent dans des conditions encore plus défavorables que les dynamos génératrices; les fluctuations du courant y sont très importantes et leur vitesse varie à chaque instant.

Les tableaux d'expériences de la Compagnie de Fives-Lille, reproduits par l'auteur, donnent une moyenne de rendement de 0,63 seulement. Ces tableaux d'ailleurs présentent des obscurités et même des concordances imprévues, qui demanderaient à être expliquées. Quoi qu'il en soit, si l'on tient compte des démarrages, fréquents dans l'exploitation, mais que l'on ne peut reproduire dans de telles expériences, on peut croire qu'en service le rendement du moteur ne doit être que 0,60.

Ainsi donc *l'utilisation finale* sur une ligne moyenne serait comprise entre les produits $0{,}50 \times 0{,}80 \times 0{,}60 = 0{,}24$ et $0{,}57 \times 0{,}85 \times 0{,}60 = 0{,}29$.

Les expériences faites aux États-Unis, qui « n'ont pas donné plus de 0,30 à 0,40 au maximum, mais souvent beaucoup moins, quand les conditions de la transmission laissaient à désirer », nous permettent de conclure que les chiffres de 0,24 à 0,29 sont bons comme moyenne pratique *en exploitation courante*.

Il a été fait aussi des expériences à Milan, qui ont abouti, dit le Mémoire, à la constatation d'un rendement de 50 0/0 seulement

entre la puissance *électrique* dépensée à l'usine et la puissance mécanique utilisée *sur l'arbre* des moteurs électriques. On nous avertit que ce chiffre ne comprend pas le rendement de l'ensemble moteur à vapeur et dynamo, à l'usine fixe, que nous avons vu ne pas dépasser en moyenne 0,50 à 0,57. Il ne comprend pas non plus la perte de puissance due aux engrenages qui transmettent le mouvement aux roues du véhicule et qui ne saurait être nulle, mettons 4 0/0. Nous obtenons ainsi comme résultat des expériences de Milan, entre le travail indiqué aux cylindres de l'usine et celui recueilli aux jantes des roues $0{,}50 \times 0{,}50 \times 0{,}96 = 0{,}24$ ou $0{,}57 \times 0{,}50 \times 0{,}96 = 0{,}27$.

On voit que les expériences pratiques conduisent toujours à la même appréciation du rendement total, il faut donc rectifier le chiffre de 100 000 à 110 000 *kgm*, donné par M. de Marchena, comme l'utilisation aux voitures du cheval-vapeur indiqué aux cylindres de l'usine centrale. Ce ne saurait être, en exploitation courante plus de 62 000 à 78 000 *kgm* (270 000 *kgm* $\times$ 0,24 à 0,29), d'où l'on déduit que 1 *kg* de vapeur dépensé à l'usine donnera seulement 7 000 à 8 400 *kgm* aux jantes des roues, et 1 *kg* de houille brûlée ne donnera au même point que 55 000 à 65 000 *kgm* au lieu de 70 000 à 90 000 *kgm*.

D'autre part, l'auteur estime qu'une automobile de cinquante places dépense par kilomètre-voiture de 160 à 180 000 *kgm*, en appliquant au poids roulant une résistance moyenne de 16 *kg* par tonne en profil moyen.

Or, cette voiture, d'après ses indications mêmes, pèserait à vide 7 à 8 *t*; le poids de cinquante voyageurs plus le conducteur et le receveur, soit cinquante-deux personnes à 75 *kg* en moyenne, serait de 4 000 *kg*, soit ensemble pour le poids roulant de la voiture chargée 11 à 12 *t*, ce qui, à raison de 16 *kg* par tonne, ferait déjà 176 à 192 000 *kgm*; mais, de plus, pour avoir un chiffre se rapportant à la pratique de l'exploitation, il faut tenir compte de la perte de la force vive occasionnée par les arrêts et les démarrages fréquents, qui ne peut rentrer dans le coefficient de résistance de 16 *kg* par tonne et ne peut être estimée à moins de 10 0/0 de la puissance normalement développée.

On arrive ainsi à une résistance à vaincre aux roues de 195 à 210 000 *kgm* par kilomètre *en exploitation courante*, ce qui, rapproché des chiffres ci-dessus équivaut à une dépense de force motrice initiale de trois chevaux-heure environ et à une consommation

de houille de 3 à 3,30 *kg* par kilomètre-voiture automobile de cinquante places, au lieu de celle de 2 à 2 1/4 *kg*, consignée dans le Mémoire.

Nous retiendrons ces chiffres de 3 à 3,30 *kg* de houille dépensée par kilomètre-voiture d'une automobile de cinquante places, pour être *en exploitation courante*, la véritable indication relative à la traction électrique par trolleys, lorsqu'on fait usage de machines productrices consommant 1 *kg* ou 1,10 *kg* de charbon par cheval-heure.

Cette appréciation est confirmée par l'exemple cité au § 34 des chemins de fer électriques aériens de Liverpool, qui se trouvent être dans des conditions particulièrement favorables, puisque la voie est horizontale et à rails surélevés et que les trains de deux voitures s'arrêtent en des points fixés et non à la demande de tout voyageur montant et descendant. La dépense moyenne serait, dit-on, de 5 *kg* par train de deux voitures. Or, il est admis comme résultat d'expérience pratique que le remorquage d'une voiture attelée n'exige que la moitié de la puissance dépensée par l'automobile qui marcherait seule. A Liverpool, par conséquent, l'automobile de cinquante-sept places, marchant seule, dépenserait $5\ kg \times 2/3 = 3{,}33\ kg$.

Au prix moyen de la houille de 25 à 30 *f* la tonne on doit compter sur une dépense effective variant, suivant les cas, de 0,08 *f* à 0,10 *f*, *rien que pour le charbon consommé* dans ce système de traction pour mouvoir une voiture de 50 places sur 1 *km* de parcours moyen. Nous insistons sur ce point pour prémunir les personnes qui s'intéressent à ces questions, contre certaines affirmations d'après lesquelles le prix de revient *total* de la traction de telles lignes électriques ne serait que de 0,09 *f* à 0,11 *f* par kilomètre-voiture. En toute chose, rien n'est tel que de bien s'entendre sur ce dont on parle.

Pour les lignes électriques dont *les conducteurs sont au niveau des rails*, la consommation en charbon paraît être sensiblement la même que pour les lignes à câbles et à trolleys. C'est ainsi qu'à Budapest, depuis l'ouverture de la ligne, la dépense aurait varié de 5,4 *kg* à 2,20 *kg* par kilomètre pour les voitures à 34 places, pesant 4 800 *kg* à vide, étant observé que la voie est établie dans des conditions exceptionnellement favorables. Si l'on considère ce qu'elle aurait été pour des voitures de 50 places, il faut prendre

moitié en plus environ, ce qui fait, même pour le chiffre le plus réduit, 3,30 *kg* par kilomètre-voiture.

Quant à la traction électrique *par l'emploi des accumulateurs*, M. de Marchena indique que le rendement aux jantes des roues est un peu plus faible que celui des lignes à trolleys. La consommation de combustible par kilomètre-voiture n'est pas indiquée d'une manière bien précise, mais quoique les moteurs de production de l'énergie électrique puissent fonctionner dans les meilleures conditions, il faut tenir compte de la double transformation causée par les accumulateurs, et la consommation ne saurait être moindre en réalité que de 3 *kg* à 3,25 *kg* pour voitures de 50 places, si l'on suppose des machines motrices consommant 1 *kg* à 1,10 *kg* par cheval-heure, sans parler des frais d'entretien, de chargement et de manutention des accumulateurs qui grèvent lourdement ce système de traction.

Les renseignements que nous possédons sur l'exploitation des lignes de Saint-Denis à la Madeleine, à l'Opéra et à Neuilly, confirment pleinement les appréciations précédentes : nous lisons dans le Mémoire qu'en 1893 le parcours total aurait été de 803 293 *km*, soit 2 200 *kg* par jour moyen. Pour ce service, les machines de l'usine Saint-Denis ont fourni :

250 *ch* pendant 23 heures consécutives = 5 750 chevaux-heure.
125 *ch* — 6 — — = 750 —

Soit par jour, ensemble. . . . . 6 500 chevaux-heure.

L'énergie moyenne absorbée par kilomètre-voiture a été en conséquence $\frac{6\,500}{2\,200} = 2{,}96$ chevaux-heure, soit en nombre rond 800 000 *kgm*.

D'autre part, la Compagnie annonce un effort moyen à la jante des roues de 170 *kg*, ce qui paraît bien faible pour une voiture de 14 *t* en ordre de service. On peut vraisemblablement admettre 200 *kg* d'effort moyen, soit pour le travail effectif résistant 200 000 *kgm* par kilomètre.

Le rendement final serait alors : $\frac{200\,000}{800\,000} = 0{,}25$.

En supposant comme dépense de combustible 1,10 *kg* par cheval-heure, la consommation par kilomètre-voiture de 50 places serait 2,96 *ch* $\times$ 1,10 *kg* = 3,256 *kg*.

Il faut remarquer que ces lignes présentent la condition avantageuse d'être établies en rails saillants sur la moitié environ de leur développement.

En résumé, il ressort de cette discussion que, *pour les lignes à traction électrique*, le rendement total de la puissance *en exploitation courante* doit varier de 0,24 à 0,29 ou 0,30 et qu'il faut compter sur une dépense en charbon consommé à l'usine centrale de 3 *kg* à 3,30 *kg* en moyenne par kilomètre-voiture automobile de 50 places prise pour type, correspondant à une *puissance motrice absorbée* de 3 chevaux-heure environ par kilomètre de parcours à pleine charge.

III

Dans le chapitre relatif à la *traction par l'air comprimé*, l'auteur du Mémoire ne nous paraît pas avoir puisé aux meilleures sources les renseignements qu'il fournit sur l'économie du système.

Il se livre à des calculs théoriques, desquels il résulterait que le rendement entre le travail indiqué dans les cylindres à vapeur de l'usine fixe et le travail indiqué dans les cylindres du moteur de l'automobile ne devrait être que de 0,20 à 0,22, ce qui conduirait à 0,18 environ pour le rendement entre le travail indiqué à l'usine et celui recueilli aux jantes des roues de la voiture.

Or, d'après les expériences d'utilisation qui ont été faites à différentes reprises tant à Nantes qu'à Nogent-sur-Marne, il ressort que ce rendement *non plus théorique, mais mesuré en pratique*, a toujours été normalement de 0,35 à 0,40, c'est-à-dire *le double* de celui prédit par M. de Marchena *a priori*.

Cela nous remet en mémoire deux faits bien caractéristiques : Nous avons entendu dans cette même enceinte, il y a quelque vingt années, un Ingénieur très distingué faire la démonstration que le maximum du rendement *théorique* que l'on pouvait espérer d'un ventilateur à force centrifuge n'était que de 0,16 du travail fourni par le moteur qui l'actionnait.

Malgré cette affirmation, on était tout étonné de voir se produire quelques années plus tard des ventilateurs rendant en volume d'air écoulé sous pression, 0,50, 0,65 et même 0,75 de la puissance motrice.

Vers la même époque, une note parue dans les annales des Ponts et Chaussées et signée d'un nom très connu, sur les pompes

centrifuges, faisait aussi la démonstration *théorique* qu'une telle pompe ne pouvait dépasser un rendement de 0,64. Cela n'a pas empêché MM. Joseph et Paul Farcot, nos collègues, de construire à Kattatbeh et aux Marais de Fos des pompes centrifuges dont il a été rendu compte à notre Société et dans lesquelles les rendements *pratiques* dépassent 0,90 en eau élevée.

Je crois qu'il en sera à peu près de même de la théorie du Mémoire sur l'utilisation de l'air comprimé pour la traction des tramways.

Il faut se méfier des déductions théoriques quand il s'agit des fluides gazeux, et à plus forte raison des mélanges de ces fluides, encore mal étudiés au point de vue mécanique, surtout lorsqu'on doit faire intervenir la thermique, les courbes isothermes ou adiabatiques, les capacités calorifiques sous volume constant ou sous pression constante, et tout ce qui s'ensuit. Or, c'est à quoi l'on est conduit, si l'on veut voir dans l'air comprimé un agent de transformation de la chaleur en travail.

IV

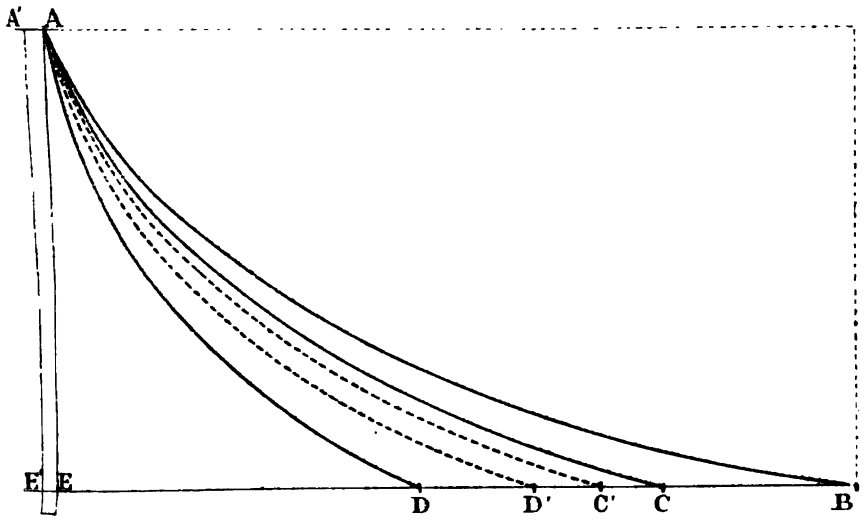
La question paraît, au contraire, assez simple, si l'on considère l'air comprimé comme un intermédiaire, comme un ressort mécanique qui restitue intégralement ce qu'on lui donne en puissance, si l'on sait l'abstraire d'ailleurs des causes extérieures qui peuvent lui faire subir des modifications nuisibles au but que l'on poursuit.

Supposons, en effet, pour un moment, que la compression puisse s'effectuer dans une enveloppe absolument non conductrice de la chaleur : le travail pour comprimer 1 *kg* d'air depuis 1 *atm* jusqu'à 60 *atm* par exemple, sera représenté par une surface limitée par une courbe AB représentant les pressions successives.

Cette courbe tient compte de l'effet de dilatation de l'air dû à l'élévation de température causée par la compression. L'enveloppe étant supposée non conductrice, cette température se maintiendrait jusqu'à ce que l'on fît rendre à l'air, par sa détente, le travail qui lui aurait été fourni d'abord. Les pressions repasseraient alors par les mêmes points de la courbe, la température s'abaisserait successivement par le fait de la dépression, inversement à l'accroissement qu'elle avait acquis par la compression — et dans la

même mesure. Bref, la puissance donnée serait restituée sans aucune perte.

Mais cette hypothèse de la non-conductibilité de l'enveloppe n'est pas réalisable; dès lors, en pratique, et après un certain temps, la température de l'air dans le réservoir, reviendrait à sa valeur initiale; la pression finale ne serait plus que EC au lieu de



EB et le travail représenté par la surface comprise entre les courbes AB et AC se trouverait perdu et il ne resterait emmagasiné que le travail correspondant à la surface AEC.

Pour obvier à cet effet, on a eu la pensée d'empêcher l'élévation de la température de se produire pendant la compression; l'air se comprimerait alors suivant la courbe AC et le travail développé pour effectuer cette compression se retrouverait emmagasiné tout entier.

Le moyen le plus efficace qui ait été imaginé dans ce but a consisté à introduire dans les pompes de compression de l'eau finement divisée dont le contact intersticiel avec l'air soumis à la compression lui enlève en partie sa chaleur par suite d'échange.

On comprend que le refroidissement s'accomplit d'autant plus complètement que les précautions sont mieux prises pour en assurer le succès. Sous ce rapport, nous recommandons la lecture d'un article fort intéressant de M. Burdy, ingénieur aux usines du Creusot, sur la construction, à ces usines, des appareils de com-

pression d'air, publié en 1893 dans le *Bulletin de la Société de l'industrie nationale.* On y verra que, par suite de leurs dispositions bien étudiées, certaines machines ont fourni un rendement de 0,79 entre le travail développé sur les pistons à vapeur et le travail emmagasiné à la température initiale dans les réservoirs d'air comprimé.

Il est donc possible d'approvisionner du travail sous forme d'air comprimé avec une perte de 0,21 seulement sur celui employé à le produire. Cette perte comprenant celle due aux résistances passives du moteur et du compresseur, en même temps que celle due à l'échauffement très restreint de l'air soumis à la compression, qu'on ne pourrait pas complètement éviter.

Passons maintenant à l'utilisation du travail emmagasiné dans les réservoirs de la voiture de tramway, à la température ordinaire et représenté sur notre figure par la surface AEC′ limitée par la ligne AC′ voisine de la courbe théorique AC de la compression sans échauffement.

Si l'emploi de l'air comprimé se faisait directement tel quel dans les cylindres du moteur de l'automobile, des effets analogues à ceux que nous avons vu se produire dans la compression, mais inverses, se manifesteraient lors de la dépression. Il y aurait refroidissement, d'où contraction de l'air et perte de pression secondaire dues à l'abaissement de la température, et la puissance utilisée pour la marche du moteur ne serait plus la même que celle emmagasinée dans l'air comprimé des réservoirs ; on n'utiliserait que le travail représenté sur notre figure par la surface AED, sans compter que le froid produit amènerait la congélation des huiles et par conséquent l'obstruction des orifices, le grippement des pièces en mouvement et l'impossibilité du fonctionnement.

C'est pour parer à ces inconvénients que M. Mékarski eut l'idée heureuse, on pourrait dire géniale, de réchauffer l'air préalablement à son emploi, par un chauffage intermoléculaire, en interposant entre le réservoir et le moteur une bouillotte à eau chaude, et de munir celle-ci d'un appareil destiné à émettre l'air mélangé de vapeur, à la pression variable nécessaire pour vaincre les résistances opposées au mouvement du véhicule.

Dans ce système l'air pris au réservoir, au lieu de se contracter se dilate dans la bouillotte par l'effet de la chaleur qui lui est communiquée, et, comme cela a lieu dans un vase clos, son volume sous même pression augmente, au moment d'agir sur le piston du

moteur : d'où meilleure utilisation. De plus, la vapeur entraînée contribue à restituer en partie le calorique dépensé pendant le travail dans le cylindre, la congélation est évitée, et au contraire l'eau qui se condense et reste chaude est un élément de lubrification et de bon fonctionnement du moteur.

La courbe hypothétique AD de la figure se relèverait donc en AD′ très proche de AC′, et, si l'on admet, pour tenir compte des fuites et autres causes de déperdition, que le travail utilisé de l'air au cylindre soit les 0,90 de celui emmagasiné dans le réservoir ; que le moteur rende en travail effectif sur les jantes des roues 0,80 du travail indiqué dans le cylindre, il en résulte que l'on peut prévoir finalement un rendement de $0,79 \times 0,90 \times 0,80 = 0,5688$, pour le travail recueilli aux jantes des roues de l'automobile, par rapport à celui indiqué dans les cylindres de la machine de l'usine fixe, soit 0,57 (et non pas 0,18 à 0,20).

Telle est la théorie qui peut être opposée à celle de M. de Marchena. On voit qu'elle conduit à des résultats tout autres que ceux qu'il a énoncés — et ils sont fort encourageants — pour l'emploi de l'air comprimé à la traction mécanique des tramways ; ils démontrent quelle marge considérable existe entre le rendement que peut atteindre ce système et celui très faible supposé par l'auteur du Mémoire en question, qui, malgré cela, en reconnaît les avantages.

V

A l'appui de ces observations de principe, nous pouvons apporter le témoignage des faits pratiques de l'exploitation.

Nous avons eu l'occasion dernièrement, pour l'étude d'une question d'administration intérieure de la Compagnie des chemins de fer Nogentais, de faire relever avec précision pour toute une semaine, celle du lundi 29 octobre au dimanche 4 novembre 1894, le décompte dans chaque section du réseau, des kilomètres parcourus tant par les automobiles seules que par les voitures attelées et la dépense d'air comprimé journalière correspondante. Cette dernière dépense est établie au moyen des carnets de chargement sur lesquels sont inscrits par le contrôleur du poste la pression dans les réservoirs avant ou après chaque chargement : la capacité des réservoirs étant connue, le poids d'air fourni s'en déduit facilement au moyen d'un barème établi une fois pour toutes.

Ce décompte est résumé dans le tableau suivant :

MOIS	JOURS	DATES	TOTAL DES KILOMÈTRES PARCOURUS SUR LE RÉSEAU PAR JOUR			NOMBRE des KILOGRAMMES d'air dépensés par jour en total	MOYENNE des KILOGRAMMES d'air dépensés par kilom.-volt.
			Par les automobiles seules	Par les voitures d'attelage	Par les automobiles et les attelages		
			km	*km*	*km*	*kg*	*kg*
Octob.	Lundi	29	900,400	39,800	940,200	9 216,340	9,760
—	Mardi	30	896,840	27,860	924,700	9 032,090	9,767
—	Mercr.	31	897,960	71,640	969,600	9 007,880	9,290
Nov.	Jeudi	1	852,860	444,820	1 297,680	10 521,020	8,107
—	Vend.	2	923.360	72,820	996,180	9 652,780	9,690
—	Sam.	3	890,640	35,820	926,460	9 022,070	9,738
—	Dim.	4	885,200	473,200	1 358,400	10 393,310	7,651
Totaux et moyennes			6 247,260	1 165,960	7 413,220	66 845,490	9,017

On remarquera que, cette semaine-là, il y a eu deux jours de plus grande affluence qui ont occasionné la mise en marche des voitures d'attelage sur la moitié des parcours environ. Leur influence sur la dépense d'air comprimé par kilomètre-voiture est bien marquée, puisque la moyenne journalière de 9,75 *kg* est tombée ces jours-là à 8,107 *kg* et à 7,651 *kg*. La moyenne générale de la semaine a été de 9,017 *kg*.

Or, une telle semaine n'a rien d'exceptionnel, elle représente même la circulation normale moyenne sur ces lignes. Pendant le printemps et l'été les attelages sont notablement plus considérables, et la dépense d'air comprimé par kilomètre-voiture est moindre.

Mais, pour la comparaison que nous voulons faire avec les voitures électriques, nous ne devons considérer que la voiture automobile de 50 places, que nous avons prise comme type, marchant seule.

Il résulte du tableau que sa dépense kilométrique en air comprimé serait *pratiquement* de 9,80 *kg* sur les lignes du réseau de Nogent-sur-Marne. Disons, en passant, que ces lignes sont très accidentées; elles présentent deux rampes de 0,058 *m* et de 0,062 *m* et d'autres assez longues de 0,040 *m* à 0,045 *m*.

Le chiffre de 9,80 *kg* est certainement exact et la preuve en est que les machinistes sont taxés à une dépense de 10 *kg* d'air par

kilomètre d'automobile et de 3 à 4 *kg* par voiture d'attelage et qu'ils réalisent chaque mois sur ces attributions des primes d'économie d'une certaine valeur.

A Nantes, les constatations souvent répétées depuis quinze ans ont toujours maintenu la dépense d'air par kilomètre-voiture d'automobile de 32 places entre 6 et 7 *kg*, ce qui correspond sensiblement, en tenant compte des circonstances un peu différentes, au même chiffre que ci-dessus pour des automobiles de 50 places.

VI

M. de Marchena est donc loin de notre compte dans les calculs qu'il résume au paragraphe 69 de son Mémoire en disant : « Le » travail kilométrique moyen de l'automobile sera de 224 000 *kgm*, » correspondant à une dépense d'air comprimé de 14 *kg* par kilo» mètre-voiture, à une dépense de vapeur de 28 *kg* et à une con» sommation de combustible d'environ 4 *kg* par kilomètre-voiture. »

La réalité, c'est qu'en pratique, avec une dépense de 14 *kg* d'air par kilomètre, nous entraînons une automobile et une voiture d'attelage présentant ensemble 100 places de voyageurs.

L'erreur de l'auteur ne réside pas dans l'appréciation de la production de l'air comprimé qu'il indique assez exactement à 4,5 *kg* par force de cheval pour compression à 45 ou 50 *kg*, mais, dans l'évaluation qu'il fait de la puissance transmise à la jante des roues, par 1 *kg* de cet air. — Tantôt il l'estime à 16 000 *kgm* (§ 69), tantôt à 12 500 *kgm* seulement (§ 67). — Les faits pratiques de l'exploitation de la ligne nogentaise prouvent que, si le travail résistant moyen, réduit à 210 000 *kgm* par kilomètre, est surmonté avec 9,80 *kg* d'air comprimé, 1 *kg* d'air transmet aux roues $\frac{210\,000}{9,80}$ = 21 428 *kgm*, ce qui correspond à un rendement total de :

$$\frac{21\,428\ kgm \times 4,5}{270\,000\ kgm} = 0,357,$$

au lieu de 0,18 à 0,20.

La puissance motrice initiale absorbée par kilomètre de parcours correspondrait à $\frac{9,8\ kg}{4,5}$ = 2,2 chevaux-heure. Quant à la dépense de combustible à faire à l'usine centrale, pour obtenir 9,80 *kg* d'air comprimé, on sait qu'un compresseur ordinaire de bonne construction courante produit par force de cheval 4,5 *kg* d'air

comprimé à 45 ou 50 *kg* (pression de la ligne nogentaise) et, d'autre part, qu'un moteur également ordinaire de 100 à 150 *ch* produit le cheval-vapeur moyennant une dépense de 8 *kg* de vapeur.

La dépense en vapeur par kilomètre d'automobile serait donc :

$$\frac{9{,}8\ kg \times 8}{4{,}5} = 17{,}422\ kg.$$

Il faut ajouter 1/12, soit 1,452 *kg* pour tenir compte du poids d'eau chaude dépensée par la bouillotte ; on arrive ainsi à 18,874 *kg* de vapeur qui peuvent être facilement obtenus avec 2,20 *kg* à 2,50 *kg* de houille dans de bonnes chaudières ordinaires.

Rapprochons simplement ces chiffres de ceux que nous avons établis précédemment pour les voitures électriques de 50 places, qui, on se le rappelle, étaient : rendement 0,24 à 0,30, puissance absorbée par kilomètre, 3 chevaux-heure, consommation de houille, 3 *kg* à 3,30 *kg* ; cela nous dispensera de conclure sur le point de savoir à quel système doit rester l'avantage économique pour la traction mécanique des tramways.

VII

En résumé, le travail très digne d'éloges que M. de Marchena a soumis à la Société nous a semblé prêter à la critique sur trois points importants : 1° sur l'avantage qu'il accorde aux locomotives pour la traction sur les voies de tramway, tandis que cet avantage nous paraît appartenir aux automobiles en général ; 2° sur la dépense trop faible en force motrice et en combustible brûlé à l'usine centrale qu'il attribue aux voitures électriques ; 3° Sur le trop faible rendement et sur la consommation beaucoup trop forte qu'il affecte, par ses calculs, à l'emploi de l'air comprimé et qui ne concordent nullement avec les faits pratiquement démontrés par l'exploitation déjà ancienne de ce système de traction.

Il nous a paru qu'il était opportun de rétablir la vérité technique sur ces différents points et de remettre à la place qu'elle doit occuper la solution par l'air comprimé.

Cette solution a permis à la Compagnie des Tramways de Nantes de triompher des effets d'un tarif trop réduit et de difficultés d'exploitation de toutes natures que d'autres systèmes de traction n'auraient certainement par surmontés.

D'autre part, et grâce à elle, la Compagnie des chemins de fer

Nogentais a acquis une prospérité de bon aloi que peuvent lui envier bon nombre d'entreprises similaires du département de la Seine et d'ailleurs.

La Compagnie Générale des Omnibus l'a adoptée sur une assez grande échelle, de même que la Compagnie des Tramways de Saint-Maur à Vincennes et à Charenton, la Compagnie des Tramways d'Arpajon et le concessionnaire des Tramways de Cusset-Vichy.

Et cependant, comme nous croyons l'avoir démontré, ce système n'a pas dit encore son dernier mot, en ce qui concerne les résultats économiques que l'on est en droit d'en attendre.

NOTE

SUR LA

TRACTION MÉCANIQUE DES TRAMWAYS

Observations présentées

A LA SUITE DU MÉMOIRE DE M. E. DE MARCHENA

PAR

M. P. REGNARD

Le nouvel et récent échec du projet du Métropolitain de Paris donne certainement une importance plus décisive encore au développement désormais indispensable, urgent même, de la traction mécanique des tramways, dont la substitution à la traction animale est depuis quelques années à l'ordre du jour, ainsi que l'expose justement M. de Marchena, dans l'introduction de son remarquable travail.

Il y a vingt-deux ans déjà que cette solution, tendant à conserver à son niveau la circulation parisienne, a été prévue par notre ancien et regretté Président, J.-L. Richard, lorsque dans la séance du 4 avril 1873 de notre Société, il prononçait à propos de la discussion d'un projet de Métropolitain, les paroles suivantes :

« Je demande la permission d'aller plus loin et de dire toute ma pensée sur cette question du chemin de fer Métropolitain, quoi qu'il y ait lieu de craindre que mon opinion ne vienne quelque peu heurter le sentiment général. Je ne suis nullement convaincu de la nécessité de l'établissement d'un chemin de fer Métropolitain à Paris. »

. . . . . .

« Il y a aujourd'hui (1) trente-sept lignes d'omnibus. Qu'on en crée de nouvelles; que, les jours d'affluence, on augmente le nombre des voitures de manière à suffire à l'excédent du trafic, et la satisfaction des habitants de Paris sera complète, sans qu'on ait à dépenser des millions par centaines. »

Je me réfère à cette haute autorité de notre ancien Président Richard pour demander aujourd'hui à mes collègues la permis-

(1) Avril 1873.

sion de rappeler ici, sans prétendre la développer à nouveau, cette thèse que j'ai déjà soutenue en diverses occasions : on ne doit faire à Paris ni Métropolitain aérien ni Métropolitain souterrain.

Dans la séance du 5 août 1892, j'affirmais déjà ma conviction qu'un très large développement des voies de tramways, joint à l'adoption générale de la traction mécanique sur ces voies, devait rendre à la population parisienne le maximum de services avec le minimum de dépenses.

J'ai depuis soutenu cette même proposition au Congrès de Pau, de l'Association française pour l'avancement des sciences, en 1892, et à celui de 1893, à Besançon, auquel vous m'aviez fait l'honneur de me déléguer avec nos collègues, MM. Fleury, Herscher et Peugeot. Je disais alors, et je crois le moment venu de le répéter : « Il ne fait pour nous aucun doute que le seul Métropolitain désirable pour Paris serait fourni par une large extension des voies actuelles de tramways et par l'adoption de la traction mécanique. La lenteur avec laquelle les progrès sont réalisés dans cette voie en France, à Paris surtout, contraste fâcheusement avec la rapidité du développement de la traction mécanique en Amérique, en Angleterre, en Allemagne et en Italie. »

Les membres de notre Société qui ont eu la bonne fortune de pouvoir visiter l'Exposition de Chicago, en 1893, ont certainement dû être impressionnés par l'intensité considérable du trafic voyageurs des tramways américains à traction mécanique, et ont dû constater qu'aux jours même de la plus grande affluence des visiteurs à la grande Columbian Fair, ces tramways répondaient aux besoins de la circulation, au départ comme à l'arrivée, de foules énormes.

J'espère fermement qu'il en pourra être de même pour notre future Exposition de 1900 et qu'on évitera les dépenses exagérées et funestes, à mon sens, d'un Métropolitain incapable, pour longtemps si ce n'est pour toujours, de rémunérer les capitaux qu'il aurait engloutis. Un certain nombre de mes collègues partagent, je le crois, mes idées à ce sujet ; et M. Haag, dont le vaste projet de Métropolitain vous est bien connu, reconnaissait lui-même, au cours de sa dernière étude sur le Métropolitain de Berlin (1), que :

« Construire un Métropolitain en vue d'une Exposition, ce serait agir à la façon d'un propriétaire qui bâtirait sa maison en l'amé-

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils* de France, Août 1894.

nageant uniquement pour une fête qu'il voudrait un jour y donner. »

Et plus loin : « En résumé, pour satisfaire aux besoins de transports considérables et passagers que provoquera notre future Exposition, il suffirait, suivant moi :

« D'améliorer le service des voitures de place, surtout par l'introduction de tarifs spéciaux et réduits applicables aux courts trajets, à destination ou au départ de l'Exposition;

» D'améliorer le service des omnibus et tramways, par l'établissement de lignes convergentes vers les Invalides et le Champ-de-Mars;

» De créer un certain nombre de moyens de transport mécanique temporaires, analogues au Decauville de 1889;

» De multiplier le nombre des bateaux-omnibus;

» D'améliorer enfin le service de la Ceinture, en créant des trains directs allant au Champ-de-Mars; en accélérant un peu leur marche, en facilitant leur correspondance aux points de croisements avec les lignes de banlieue, en construisant enfin certains raccordements, à Bel-Air notamment, qui permettraient aux trains de banlieue correspondants d'accéder directement à l'Exposition par la Ceinture. »

Je partage absolument cet avis de M. Haag; mais j'ajoute que l'adoption de la traction mécanique pour les tramways me semble le complément indispensable des mesures si judicieusement préconisées par lui.

Ayant ainsi prouvé combien est actuelle et capitale pour Paris la question qui a fait l'objet de l'intéressant Mémoire de M. de Marchena, je vous demande la permission de vous soumettre quelques observations que m'a suggérées la lecture de ce Mémoire, publié *in extenso* dans le *Bulletin* de juillet de notre Société.

M. de Marchena commence par étudier dans quelles conditions la traction mécanique est avantageuse et indique fort justement que « la question se pose d'une manière bien différente, suivant que la ligne est à créer ou déjà établie ».

C'est là que réside certainement, pour Paris, le pire obstacle à l'extension si désirable, de la traction mécanique : en effet, et quoi que puissent dire contre nos Compagnies parisiennes de transport en commun les adversaires quand même de tout monopole, Paris est admirablement desservi depuis longtemps déjà par un vaste service d'omnibus et de tramways ; et quiconque a beaucoup voyagé devra m'accorder qu'aucune autre capitale

d'Europe ne possède un service d'omnibus comparable au nôtre, avec des correspondances et la faculté qu'elles donnent d'effectuer moyennant 0,30 *f* un parcours considérable.

Or, comme le dit M. de Marchena :

« La substitution de la traction mécanique à la traction animale entraîne des frais et des dépenses qui n'auraient pas à entrer en ligne de compte si la ligne était seulement à l'état de projet, et qu'il faudra complètement amortir avec les excédents de bénéfices avant de trouver aucun profit à l'opération. Il faudra, en effet, vendre la cavalerie, toujours à perte, transformer les dépôts, remplacer les écuries, magasins et bâtiments divers, par d'autres d'une nature entièrement différente et modifier complètement le service de l'exploitation. »

Nombreux sont les systèmes de traction mécanique actuellement employés pour les tramways, tant en France qu'à l'étranger, sans compter ceux qui ont été proposés, essayés et abandonnés ; mais il est à prévoir qu'un avenir prochain en verra se produire encore.

Pour cette raison, il me semble désirable de voir d'abord se développer considérablement le réseau des voies actuelles de tramways, d'en munir tous les boulevards, rues importantes et avenues qui n'en possèdent pas encore et, en remplaçant la traction animale le plus tôt possible par la traction mécanique, d'adopter de préférence un ou même simultanément plusieurs des systèmes que M. de Marchena classe dans la deuxième catégorie, c'est-à-dire ceux dans lesquels le matériel roulant emporte avec lui une provision d'énergie suffisant à son fonctionnement durant un laps de temps déterminé, préférablement à ceux classés dans la première catégorie de M. de Marchena, c'est-à-dire ceux dans lesquels l'énergie est produite dans une usine centrale pour être transmise aux appareils récepteurs, sans y être emmagasinée, au fur et à mesure de leur consommation, en suivant toutes les fluctuations de celle-ci.

En opérant comme je le propose, tout le matériel roulant pourrait, en effet, être utilisé conformément aux nécessités variables de la circulation, de manière à satisfaire le mieux possible sous tous les rapports, les besoins de la population parisienne, notamment en conformant mieux qu'aujourd'hui sur chaque ligne l'intensité du trafic aux besoins ; car ces besoins sont loin d'être constants et uniformes, mais varient au contraire dans la plus large mesure, suivant les saisons, les jours de la semaine, les heures même de la journée.

Je me propose, maintenant, de passer rapidement en revue les différents chapitres dans lesquels M. de Marchena traite successivement des tramways funiculaires et des tramways électriques à trolley, par lui classés dans sa première catégorie ; puis, de ceux bien plus nombreux qu'il range dans la deuxième, savoir :

Traction électrique par accumulateurs — traction par l'air comprimé — traction à vapeur — locomotives à foyer — locomotives sans foyer, et enfin systèmes divers de tràction mécanique.

Tramways funiculaires.

Il n'est peut-être pas sans intérêt, au point de vue historique, de rappeler que trois éminents ingénieurs anglais : Rastrick, Walter et Stephenson, consultés en 1829 sur le choix du moteur à adopter pour le chemin de fer de Liverpool à Manchester, émettaient l'avis que des machines fixes avec des câbles semblaient la solution préférable, au point de vue de l'économie, de la vitesse, de la sécurité et de la commodité.

Aux inconvénients que M. de Marchena reproche au système funiculaire, il y a lieu, je crois, d'ajouter celui du danger qui résulterait, en dehors de la rupture complète du câble, d'une rupture de quelques-uns seulement des fils qui le composent ; il peut, en effet, se produire alors derrière le grip une accumulation de fils déroulés telle que ce grip ne puisse plus quitter le câble et que la voiture soit dès lors impuissante à s'arrêter. Il est vrai qu'un entretien attentif et un remplacement suffisamment fréquent des câbles évitent ce danger ; et le funiculaire de Belleville donne une preuve bien remarquable des services que peut rendre ce système, en dépit des critiques et des attaques auxquelles il ne cesse d'être en butte. Il n'est guère possible, en effet, d'imaginer des conditions plus défavorables que celles dans lesquelles il a été établi, dans une rue de 7 mètres de largeur présentant une circulation de voitures et de piétons considérable, surtout à certaines heures ; rue qui présente des déclivités et des courbes nombreuses, et où la voie est unique et comporte 5 garages.

Du succès incontestable d'une installation de traction mécanique établie dans des conditions aussi difficiles, je ne veux retenir qu'une conclusion : c'est que, *a fortiori*, la traction mécanique est possible, pour ne pas dire facile, absolument partout dans Paris.

Il est bon de citer encore, ne fût-ce que pour mémoire, le sys-

tème funiculaire autrefois présenté à notre Société par M. Agudio et qui serait susceptible peut-être, repris avec certaines modifications, de fournir dans certains cas une solution élégante et utile de la traction des tramways. Enfin, M. de Marchena a omis de citer un système d'entraînement progressif avec friction qui a été appliqué aux tramways funiculaires de Brooklyn.

Tramways électriques à trolley.

L'auteur du Mémoire fait remarquer que la vitesse considérable des dynamos réceptrices a conduit à l'emploi d'organes intermédiaires, chaîne galle ou train d'engrenages simple ou double. Il signale l'intérêt qu'il pourrait y avoir à supprimer tout mécanisme intermédiaire et à réaliser le « gearless motor ».

Nous pensons qu'on pourrait avantageusement utiliser dans ce but un dispositif à friction plus ou moins analogue à celui que M. Conelly a appliqué sur ses tramcars automobiles à l'huile de naphte ou au gaz.

Traction électrique par accumulateurs.

Il est certain que ce mode de traction est celui qui a conquis le plus rapidement la faveur du public ; mais, par contre, il semble le plus coûteux de tous les modes de traction qui ont été mis en usage. Les deux progrès qu'il est désirable de voir réaliser pour permettre son développement, consistent dans une plus longue durée des accumulateurs et dans la possibilité de les recharger sur place, c'est-à-dire sans les transborder perpétuellement comme cela se pratique jusqu'ici. Le développement des réseaux de transport d'électricité dans Paris et l'emploi de transformateurs appropriés permettent d'entrevoir comme possible, sinon comme probable dans un avenir prochain, ce progrès éminemment utile à l'extension du système.

Traction par l'air comprimé.

C'est à bon droit que l'auteur du Mémoire observe que le principe est absolument le même que dans le système précédent, l'énergie étant accumulée sous forme d'air comprimé au lieu de l'être sous la forme d'une réaction électro-chimique.

En citant les premiers essais remontant à un demi-siècle, d'application de l'air comprimé à la traction, essais faits par M. Andraud, il dit que l'échec du système provint du refroidissement

intense de l'air pendant sa détente, inconvénient que M. Andraud n'aurait su ni reconnaître, ni éviter.

Or, dans un opuscule très curieux récemment offert à la bibliothèque de notre Société par notre collègue M. Lencauchez, et publié en 1840 par Andraud et Tessié du Motay, on peut voir que le rôle capital du surchauffement de l'air n'avait pas échappé à ces deux inventeurs.

Le mérite d'avoir réalisé pratiquement ce chauffage de l'air comprimé n'en revient pas moins tout entier à M. Mékarski dont le système, si parfait à mon sens, est caractérisé par la bouillotte et le détendeur. Appliqué à Nantes, depuis déjà quinze ans, on peut dire que ce système a fait ses preuves sous tous les rapports et c'est certainement un de ceux que nous croyons susceptibles de rendre à Paris les plus utiles services. La preuve est en train de se faire, malgré les difficultés inévitables du début.

Locomotives à foyer.

La chaleur, la fumée, les projections de flammèches et d'escarbilles rendent ce mode de traction désagréable à la fois pour les voyageurs et pour les riverains, comme le dit M. de Marchena, et s'il paraît *a priori* simple et rationnel d'employer directement la vapeur à la traction mécanique des tramways, nous croyons que cela est impossible actuellement, mais que le perfectionnement le plus utile à apporter à ce qui s'est fait jusqu'à ce jour, consisterait peut-être dans l'emploi comme combustible du pétrole ainsi que l'a réalisé M. Roger sur son tricycle à vapeur dont il vous a été parlé ici, à propos du concours des voitures sans chevaux. L'obstacle ne réside que dans l'élévation des droits dont est frappé ce merveilleux combustible, dont les Américains et les Russes tirent si avantageusement parti.

Le système Serpollet, postérieurement à la communication de M. de Marchena, a reçu une application en service courant sur la ligne des tramways de la Bastille à Saint-Ouen; si la durée des chaudières est suffisante pour ne pas donner lieu à un entretien coûteux, ce système nous paraît, en raison de son faible poids mort et de son élasticité de fonctionnement, appelé à se généraliser beaucoup.

Locomotives sans foyer.

Le seul fait que ce système ne permet pas l'emploi de voitures automobiles nous paraît le mettre en état d'infériorité vis-à-vis

des autres systèmes, du moins en ce qui concerne la circulation urbaine.

Systèmes divers de traction mécanique.

M. de Marchena mentionne les locomotives sans feu à lessive de soude, de M. Honigmann, les moteurs à ammoniaque, les moteurs à gaz, et exprime l'opinion que ces derniers ne paraissent pas appelés à un grand avenir, en ce qui concerne la traction mécanique des tramways.

Si l'on remarque pourtant les progrès considérables réalisés dans ces dernières années par les moteurs à gaz et si on observe que les moteurs à pétrole semblent se développer parallèlement, on est conduit à penser que ces derniers pourraient bien offrir une solution simple, rationnelle et commode du problème qui nous occupe ; le seul obstacle résidant, comme nous l'avons dit plus haut, dans l'élévation des droits de douane et d'octroi qui grèvent ce combustible. Du reste, des moteurs de ce genre, système Daimler, à gazoline sont très heureusement utilisés sur des voitures sans chevaux, et on ne comprend pas bien, dès lors, pourquoi un système analogue ne serait pas applicable aux tramways.

En terminant cette étude sur le mémoire si intéressant et si documenté de notre collègue, M. de Marchena, nous exprimerons l'avis qu'en dehors du point de vue technique et du point de vue financier, tour à tour étudiés par l'auteur, il en est un autre qu'on ne saurait méconnaître, c'est celui de l'intérêt du public et de la faveur très marquée avec laquelle il accueille les applications variées, tardives à la vérité, mais de plus en plus complètes qui se font à Paris depuis quelque temps. Nous voulons espérer que les idées que nous avons émises au commencement de ce travail, bien qu'elles semblent actuellement en désaccord avec l'opinion générale, prévaudront bientôt, et que Paris sera doté sous peu du seul Métropolitain qui lui convienne, dans notre conviction, du seul qui soit pratique et commode, qui satisfasse entièrement toutes les nécessités de la circulation sans sacrifier les intérêts d'aucun Parisien, voyageur ou commerçant, qui puisse s'exécuter sans danger pour la santé publique et sans entraîner enfin les dépenses exagérées et improductives de tout Métropolitain aérien ou souterrain ; que Paris sera doté pour 1900 de ce que nous appelons le Métropolitain à niveau.

TRACTION MÉCANIQUE DES TRAMWAYS

RÉPONSE

AUX OBSERVATIONS DE M. BADOIS

PAR

M. DE MARCHENA

Au courant de notre dernière séance de janvier, notre collègue, M. Badois, ayant présenté sur mon étude de la *Traction mécanique des tramways* quelques observations critiques auxquelles il m'était un peu difficile de répondre immédiatement sans en avoir le détail sous les yeux, j'ai pensé qu'il y aurait quelque utilité à revenir sur la question qui avait été débattue, et j'ai réuni, pour ceux de nos collègues qui s'y intéressent, quelques renseignements et chiffres à l'appui des conclusions de mon étude :

M. Badois estime :

1° Que j'ai calomnié l'air comprimé en lui attribuant des rendements trop faibles et une dépense de combustible trop élevée ;

2° Que, par contre, j'ai attribué au système électrique à fil aérien des mérites imaginaires, ce dernier système étant, d'après lui, inférieur à l'air comprimé sous ce rapport spécial.

Tout d'abord, notre collègue ne tombe-t-il pas dans une erreur très grave quand il semble poser, en principe, qu'il n'y a aucune perte de travail par suite de la chute énorme entre la pression d'emmagasinement de l'air comprimé et sa pression d'utilisation ? Tout le monde, en effet, comprendra aisément qu'il ne faut pas dépenser la même quantité de travail pour comprimer 1 *kg* d'air à 7 ou 8 *atm* que pour le comprimer à 60 *atm* ; en réalité, il faut dans le deuxième cas un travail double que dans le premier.

Si la pression d'utilisation, au lieu d'être de 7 ou 8 *atm* n'était

que de 3 ou 5 *atm*, comme il a été dit, la perte serait encore bien plus grande. Mais M. Mékarski n'a pas commis une faute pareille, et les cylindres moteurs de ses machines ont des dimensions calculées de manière à permettre l'admission de l'air aux plus hautes pressions compatibles avec l'élasticité du système. Il est facile de se rendre compte que sur la ligne Saint-Augustin-Vincennes les pressions d'admission ne tombent que bien rarement au-dessous de 7 *atm*, et qu'elles se maintiennent en moyenne entre 7 et 8 *atm*. A ce sujet, M. Mékarski me faisait même ressortir ce point curieux, qu'à l'encontre de la plupart des autres systèmes, le rendement de l'air comprimé est d'autant meilleur que le profil comporte des rampes plus fortes, car ces fortes rampes, en nécessitant des pressions d'admission élevées, permettent une meilleure utilisation de l'air comprimé.

C'est la préoccupation d'éviter cette chute de pression considérable, nécessitée cependant par l'obligation d'emmagasiner une provision d'air suffisante, qui a porté certains inventeurs à multiplier les points de chargement: je citerai, notamment, les systèmes Georges Pardy, Hughes et Lancaster, expérimentés en Angleterre, et le système Popp-Conti où les points de chargement alimentés par une conduite d'air comprimé sont à peine espacés de 1 500 *m*, ce qui permet de réduire les pressions de chargement à 18 ou 20 *atm*, tout en utilisant l'air à 7 ou 8 *atm*.

Afin de rendre le résultat bien tangible, j'ai tracé des diagrammes représentant les valeurs relatives des travaux de compression et de détente par kilogramme d'air, en supposant les compressions et les détentes isothermiques, c'est-à-dire le cas le plus avantageux qui se puisse réaliser. On voit, d'après ces diagrammes, que le travail indiqué au détendeur ne représente pas plus de 35 0/0 du travail théorique indiqué au compresseur, et, si l'on tient compte des étranglements, pertes de charge, échauffements, espaces nuisibles, etc., qui font que les diagrammes véritables s'écartent sensiblement des diagrammes théoriques, si l'on tient compte du rendement de l'unité compresseur-moteur à vapeur, rendement qui ne dépasse guère 70 à 75 0/0 (rapport entre les travaux indiqués dans les cylindres à air et dans les cylindres à vapeur), on conviendra que le chiffre de 25 0/0 que j'ai admis dans mon Mémoire pour le rendement total de l'air comprimé, pèche plutôt par excès que par défaut.

Je suis d'ailleurs, sur ce point, à peu près d'accord avec M. Boca, l'ancien directeur des Chemins de fer Nogentais, qui, dans un

Retour :

Stations	Pressions — kilogr.	Dépenses — kilogr.
Terminus Vincennes	57	0
Place Gambetta.	36	52,25
Rue de Ménilmontant	»	77
La Villette. . Arrivée	»	79,75
La Villette. . Départ	»	79,75
Gare du Nord	»	101,75
Place de la Trinité.	»	115,50
Terminus Saint-Augustin	»	126,50

Dépense totale . . . . . 126,50 *kg*

Dépense totale, aller et retour.	280,500 *kg*
Distance parcourue	18,300 *km*
Dépense d'air comprimé par kilomètre-voiture.	15,300 *kg*

On voit donc qu'en estimant dans mon Mémoire cette dépense d'air à 14 *kg* par kilomètre-voiture, j'étais plutôt en dessous de la vérité.

A quelle dépense de force motrice correspond cette dépense d'air comprimé ? M. Mékarski admet que dans les machines installées à la Villette et à Lagny, la production sera de 3,5 *kg* par cheval-heure indiqué ; j'accepte ce chiffre, qui me paraît d'ailleurs tout à fait exact et vraisemblable ; la dépense de force motrice serait donc de 4,4 chevaux-heure par kilogrammètre-voiture et, en supposant une consommation industrielle de combustible 1,1/4 *kg* par cheval-vapeur-heure indiqué, consommation que personne, je crois, ne trouvera exagérée, il en résulterait une dépense de combustible de 5,5 *kg* par kilomètre-voiture, soit 6 *kg* en tenant compte de la vapeur dépensée par la bouillotte.

Il est fort possible que, sur les lignes de Nogent, la consommation d'air comprimé soit moindre : environ 10 à 11 *kg* par kilomètre d'automobile. Mais cela tient à ce que cette ligne, en majeure partie en rails saillants, avec arrêts peu fréquents, ne peut se comparer comme résistance moyenne de traction à une ligne urbaine du genre de la ligne Vincennes-Saint-Augustin. On ne nous a pas indiqué la consommation de combustible à Nogent, mais on peut s'en faire aisément une idée approximative en remarquant que dans ces dernières années les dépenses moyennes de combustible

ont été de 0,15 *f* à 0,16 *f* par kilomètre-voiture, ce qui ne fait pas bien loin, semble-t-il, de 5 à 6 *kg*.

Si maintenant on veut traduire en francs ces divers résultats, cela est extrêmement facile.

Le kilogramme d'air comprimé chargé dans les voitures revient à l'usine de Nogent à environ 0,025 *f*.

A 10 *kg* par kilomètre-voiture, cela fait 0,25 *f*.

En admettant, pour Paris le même prix de revient (quoiqu'il y ait l'octroi en plus sur les charbons), on arriverait à 0,385 *f*. Résultats auxquels il convient d'ajouter les frais de personnel, de conduite, entretien et graissage du matériel roulant, pour avoir le prix de revient de la traction, amortissement non compris.

J'ajouterai qu'en donnant ces renseignements, je ne veux pas le moins du monde me poser en ennemi déclaré de l'air comprimé; je reconnais volontiers les grandes difficultés que son emploi a permis de vaincre et en particulier que peu de systèmes auraient permis d'effectuer d'une manière aussi sûre et aussi pratique, l'exploitation d'une ligne aussi accidentée que la ligne de Vincennes Saint-Augustin. Mais, après avoir rendu hommage aux qualités de ce système, pourquoi cacher le reste de la vérité? Est-ce là le vrai chemin du progrès? Ne vaut-il pas mieux savoir exactement les avantages que l'on peut retirer de tel ou tel système et ce qu'il en coûtera, que de laisser se produire des surprises d'autant plus désagréables qu'elles sont moins attendues.

Revenons maintenant à l'autre terme de la comparaison de M. Badois, au système électrique à fil aérien.

Je n'en suis pas plus partisan systématique qu'adversaire de l'air comprimé et ceux de mes collègues qui ont bien voulu lire mon Mémoire jusqu'au bout, ont dû voir que j'ai consacré plusieurs pages à l'examen des multiples inconvénients que présente ce système. J'espère donc ne pas être suspect de partialité à cet égard; là aussi je me suis efforcé de rechercher consciencieusement l'exacte vérité, et alors pourquoi ne pas la dire?

Il est parfaitement vrai que la consommation pratique de combustible par cheval électrique disponible aux bornes des dynamos génératrices ne descend pas au-dessous de 1,75 *kg dans les meilleures conditions;* j'ajouterai même qu'une consommation aussi réduite est rare et dénote une installation très soignée. M. Badois part de ce chiffre pour en déduire que, la consommation du combustible des bonnes machines à va-

peur pouvant être réduite à 0,85 *kg* par cheval-heure, le rendement à l'usine centrale ne dépasse pas $\frac{1,75}{0,85} = 50\ 0/0$.

A vrai dire, le raisonnement me paraît bien hasardé et si vraiment un cas pareil se produisait dans la pratique, l'Ingénieur qui aurait fait l'installation serait impardonnable d'avoir établi à côté d'une chaudière et d'une machine à vapeur si parfaites, une dynamo aussi médiocre. Mais connaît-on une seule installation où la consommation industrielle de combustible soit aussi réduite? Comme l'a très bien dit notre collègue, M. Dumont dans son remarquable travail sur les transmissions électriques, ces consommations, inférieures à 1 *kg* par cheval-heure dont on parle si souvent, ne sont, dans la pratique, qu'illusoires. Si elles sont obtenues parfois en essais, avec des précautions spéciales, un combustible spécial, sans qu'on tienne compte des pertes pour l'allumage, elles ne s'obtiennent jamais d'une manière industrielle comme moyenne d'une année de fonctionnement.

En réalité, le rendement du groupe moteur dynamo peut aisément atteindre 70 à 75 0/0; c'est une affaire de proportion à donner aux dimensions et aux enroulements des génératrices de manière à obtenir l'effet utile maximum dans les limites de courant qu'elles doivent débiter et les électriciens savent parfaitement résoudre ces problèmes.

Quant au rendement de la ligne, il est facile d'atteindre 90 0/0. Il suffit de disposer pour son alimentation un nombre convenable de feeders et de soigner son isolement qui est facile à surveiller et à maintenir irréprochable sous une tension de 500 volts alors qu'on a pu le faire d'une manière parfaite à des tensions supérieures à 2 000 volts.

Enfin les moteurs proportionnés aux voitures possédant des vitesses de rotation suffisantes (au moins 4 ou 500 tours) et des enroulements bien calculés peuvent sans difficultés rendre en moyenne 60 à 65 0/0 dans les conditions défavorables où ils fonctionnent. Si l'on fait le compte, on arrive bien au chiffre de 40 0/0 que j'ai donné comme représentant la moyenne du rendement total des bonnes installations.

Une voiture électrique de 50 places absorbant une puissance kilométrique moyenne de 160 000 *kgm* à la jante des roues nécessite donc une puissance indiquée d'environ 1,5 cheval-heure à l'usine, ce qui correspond à une consommation de 2 *kg* à 2,5 *kg* ainsi que le porte mon mémoire.

Ces prévisions sont du reste confirmées par la pratique. Ainsi, les voitures électriques du Havre, d'une capacité de 50 places, ne dépensent pas en moyenne 0,8 kilowatt-heure par kilogrammètre voiture ; or, la dépense de force motrice est d'environ 1,3/4 *ch* à 2 *ch* par kilowatt, ce qui fait bien 1,4 *ch* à 1,6 *ch* par kilomètre-voiture.

A Milan, pour des voitures de 34 places, la consommation de courant est d'environ 0,55 à 0,57 kilowatt-heure, ce qui correspond à 1 ou 1,1 cheval-heure.

A Marseille, depuis l'installation des nouvelles machines Corliss à la place des anciens moteurs, la consommation de combustible a été en moyenne de 2 *kg* par kilomètre-voiture, cette dépense comprenant l'éclairage des voitures et la consommation des ateliers. Les tableaux ci-joints représentent les dépenses journalières au Havre et à Marseille. En ce qui concerne les dépenses du Havre, certains perfectionnements sont étudiés qui font espérer qu'elles seront encore réduites. Je dois ces renseignements à l'obligeance de M. Hattu, Ingénieur de la Compagnie générale des Tramways.

Si l'on veut maintenant traduire ces résultats en francs, on considérera que le kilowatt-heure revient dans les usines centrales de traction mécanique à environ 0,15 *f* ou 0,20 *f*.

La dépense de courant par kilomètre-voiture pour des voitures de 50 places est donc de 0,14 *f* à 0,16 *f* au plus, chiffres à mettre en relief avec ceux que nous avons trouvés ci-dessus pour la dépense d'air comprimé.

Les résultats sont bien moitié moindres, comme on pouvait le prévoir *a priori*.

Traction électrique au Havre.

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PAR KILOMÈTRE-VOITURE PENDANT L'ANNÉE 1894

Mois de novembre.		*Mois de décembre.*	
Dates	Consommation en kilowatts	Dates	Consommation en kilowatts
Jeudi 1er	0,793	Samedi 1er	0,810
Vendredi 2	0,747	Dimanche 2	0,804
Samedi 3	0,704	Lundi 3	0,804
Dimanche 4	0,769	Mardi 4	0,808
Lundi 5	0,727	Mercredi 5	0,783
Mardi 6	0,710	Jeudi 6	0,776
Mercredi 7	0,743	Vendredi 7	0,786
Jeudi 8	0,731	Samedi 8	0,735
Vendredi 9	0,726	Dimanche 9	0,773
Samedi 10	0,734	Lundi 10	0,787
Dimanche 11	0,745	Mardi 11	0,765
Lundi 12	0,781	Mercredi 12	0,707
Mardi 13	0,747	Jeudi 13	0,743
Mercredi 14	6,748	Vendredi 14	0,744
Jeudi 15	0,733	Samedi 15	0,771
Vendredi 16	0,749	Dimanche 16	0,773
Samedi 17	0,765	Lundi 17	0,756
Dimanche 18	0,796	Mardi 18	0,753
Lundi 19	0,771	Mercredi 19	0,775
Mardi 20	0,753	Jeudi 20	0,802
Mercredi 21	0,739	Vendredi 21	0,774
Jeudi 22	0,782	Samedi 22	0,805
Vendredi 23	0,760	Dimanche 23	0,816
Samedi 24	0,788	Lundi 24	0,764
Dimanche 25	0,805	Mardi 25	0,753
Lundi 26	0,768	Mercredi 26	0,714
Mardi 27	0,762	Jeudi 27	0,758
Mercredi 28	0,760	Vendredi 28	0,783
Jeudi 29	0,753	Samedi 29	0,754
Vendredi 30	0,789	Dimanche 30	0,789
		Lundi 31	0,808

MARSEILLE. — Consommation journalière de charbon pour la ligne électrique de Saint-Louis (Dépôt du Lazaret).

JOURS de la PREMIÈRE QUINZAINE d'août 1894	CONSOMMATION de CHARBON	KILOMÈTRES PARCOURUS	CONSOMMATION par KILOMÈTRE parcouru	ÉTAT DU TEMPS
	kg	*km*	*kg*	
Mercredi 1er août.	4 175	2 014	2,170	Beau temps.
Jeudi 2 —	4 375	2 120	2,060	Beau temps.
Vendredi 3 —	4 415	2 015	2,200	Temps couvert et mistral.
Samedi 4 —	4 715	2 141	2,200	Mistral.
Dimanche 5 —	4 795	2 440	2,050	Beau temps.
Lundi 6 —	4 615	2 120	2,170	Beau temps.
Mardi 7 —	4 365	1 992	2,200	Temps orageux et couvert.
Mercredi 8 —	4 570	1 882	2,430	Mistral.
Jeudi 9 —	5 205	2 116	2,460	Beau temps.
Vendredi 10 —	5 005	2 018	2,460	Temps couvert et vent.
Samedi 11 —	4 280	2 100	2,040	Mistral.
Dimanche 12 —	4 980	2 447	2,030	Mistral le jour. Assez beau le soir.
Lundi 13 —	4 050	2 128	1,900	Mistral.
Mardi 14 —	4 315	1 970	2,190	Mistral.
Mercredi 15 —	4 430	2 450	1,810	Assez beau temps.
	68 340	31 953	2,140	MOYENNE DE LA QUINZAINE

JOURS de la PREMIÈRE QUINZAINE de janvier 1895	CONSOMMATION de CHARBON	KILOMÈTRES PARCOURUS	CONSOMMATION par KILOMÈTRE parcouru	ÉTAT DU TEMPS
	kg	*km*	*kg*	
Mardi 1er janv.	5 090	2 447	2,080	Mistral très froid.
Mercredi 2 —	4 600	2 019	2,270	Mistral.
Jeudi 3 —	5 090	2 105	2,400	Temps couvert et froid.
Vendredi 4 —	4 650	2 014	2,300	Temps couvert et froid.
Samedi 5 —	5 100	2 124	2,400	Mistral très violent.
Dimanche 6 —	4 655	2 435	1,910	Mistral violent et très froid.
Lundi 7 —	4 640	2 107	2,200	Assez beau temps.
Mardi 8 —	4 395	1 704	2,570	Neige.
Mercredi 9 —	4 475	1 656	2,700	Verglas et neige.
Jeudi 10 —	4 470	1 794	2,500	Mistral, neige et verglas.
Vendredi 11 —	4 430	1 580	2,800	Temps froid puis couvert.
Samedi 12 —	4 355	1 830	2,370	Temps couvert et froid.
Dimanche 13 —	»	»	»	»
Lundi 14 —	4 250	2 210	1,920	Temps couvert et pluie.
Mardi 15 —	4 220	2 141	1,970	Temps couvert et pluie.
Mercredi 16 —	4 205	2 209	1,900	Temps couvert.
	68 625	30 375	2 260	MOYENNE DE LA QUINZAINE

LE RENDEMENT ORGANIQUE

DES

MACHINES A EXPANSION MULTIPLE

PAR

M. A. MALLET

On appelle rendement organique le rapport du travail effectif sur l'arbre au travail indiqué sur le piston. La différence de cette valeur avec l'unité représente la proportion absorbée par les résistances propres de la machine. L'adjectif organique est nécessaire pour distinguer ce rendement d'autres employés dans l'étude des machines à vapeur.

Un mémoire inséré au Bulletin de décembre 1894 de la Société des Ingénieurs Civils de France et portant le titre *Étude sur le transport à grande distance par l'électricité et sur les transmissions électriques par courant continu*, par MM. G. Dumont, G. Baignères et A. Lencauchez, contient une étude relative à la production de la force motrice à la station génératrice due, ainsi qu'il est indiqué au mémoire même, à la plume de M. Lencauchez.

Nous retrouvons dans cette partie, à propos des machines à vapeur, les idées que nous avons été habitués de longue date à entendre émettre par notre savant collègue, idées dont plusieurs ne s'accordent pas avec les opinions généralement admises aujourd'hui, et, de plus, nous rencontrons dans l'étude en question un argument nouveau, ou tout ou moins présenté sous une forme nouvelle, qu'il nous paraît impossible de laisser passer sans quelques observations.

Voici en effet ce que nous lisons page 869 : « Nous savons parfaitement que souvent on nous parle de machines à vapeur ne dépensant que 6 *kg* à 7 *kg* de vapeur par heure et par cheval indiqué, principalement pour des machines à triple ou quadruple expansion, et, comme les essais au frein ne sont pas possibles, on se contente de ce brillant résultat, beaucoup plus apparent que réel : car, en effet, si la machine est à quadruple expansion, c'est comme si, pour un même travail, on comptait celui fait isolément par quatre machines qui, toutes, auraient un coefficient k de

rendement, dont il faudrait tenir compte; or, dans le cas de la quadruple expansion, il y a quatre valeurs de k, de sorte que si $k = 0{,}88$, ce qui est un très beau résultat, pour quatre machines dans les conditions les plus favorables, $\overline{k^4} = \overline{0{,}88^4} = 0{,}60$. »

Tout d'abord, nous ne saisissons pas bien pourquoi il serait nécessaire d'élever le rendement à la puissance représentée par le nombre des cylindres. En effet, si le rendement est k, le travail effectif de chaque cylindre sera kP_1, P_1 étant le travail indiqué et le travail effectif total sera $4(kP_1)$, ce qui équivaut à $k(4P_1)$; le rendement ne changerait donc pas nécessairement avec l'augmentation du nombre des cylindres.

Toutefois, les considérations qui précèdent paraissent à première vue se rapprocher de l'opinion de notre collègue, le professeur Thurston, qui dit (*Traité de la machine à vapeur*, traduction Demoulin, t. I, page 553) : « Toutes choses égales d'ailleurs, l'accroissement du nombre des cylindres se traduit par une augmentation des frottements, le frottement croissant comme la racine carrée du nombre des cylindres (1), si tous ces cylindres présentent le même diamètre. Ainsi ce seul frottement, dans une machine à deux cylindres, dépasserait de 4 0/0 celui d'une machine à un seul cylindre. »

Mais M. Thurston dit avec raison : « Toutes choses égales d'ailleurs » ; or, le raisonnement de M. Lencauchez, à part même l'exagération qu'il donne à l'influence du frottement, s'appliquerait seulement à une machine idéale et, on peut le dire, idéalement mal combinée, dans laquelle on remplacerait un cylindre unique par quatre équivalents agissant dans les mêmes conditions, sans utiliser en rien cette division pour obtenir une régularisation de la rotation et une réduction énorme du poids du volant. Une semblable machine n'existe pas (2) et n'aurait, en tout cas, rien de commun avec la machine à triple ou quadruple expansion à laquelle la division du travail entre plusieurs cylindres apporte des avantages mécaniques que M. Lencauchez ne peut méconnaître, bien que nous n'ayons jamais trouvé aucune allusion à cette question dans ses nombreux écrits sur la matière.

(1) Et non comme la puissance représentée par le nombre, comme le suppose M. Lencauchez. Les rendements, d'après lui, pour 1, 2, 3 et 4 cylindres, seraient donc de 0,88, 0,77, 0,68 et 0,60, tandis que, d'après le professeur américain, ils seraient 0,88, 0,83 0,79 et 0,76.

(2) En effet, on ne pourrait pas même citer comme exemple de plus de deux cylindres attelés ensemble de la manière dont nous parlons, les machines imitées de celles de Woolf que des mécaniciens anglais, établis à Paris, Aitken et Steel, construisaient de 1820 à 1825, puisque, dans celles-ci, on utilisait la détente successive de la vapeur.

Ainsi, dans le mémoire dont nous nous occupons, nous trouvons, à la page 863, après l'énumération des machines modernes *ayant fait leurs preuves*, l'indication détaillée des avantages présentés *pratiquement* par les machines à expansion multiple, avantages au nombre de quatre, et notre collègue s'empresse d'indiquer sur ces quatre points des correctifs rétablissant l'équilibre en faveur des machines à un seul cylindre. Seulement dans cette énumération, il omet un cinquième avantage, un qui n'est pas le moindre et auquel il lui serait bien difficile de trouver une compensation du côté de la machine à cylindre unique; or, cet avantage, que n'a jamais mentionné M. Lencauchez, c'est la meilleure *utilisation des organes*.

Nous avons, dès 1868, avec B. Normand (voir *Société des Ingénieurs Civils*, 1868, page 558) désigné par l'expression *Utilisation des Organes* (expression qui a été employée depuis par beaucoup d'auteurs), le rapport existant entre l'effort moyen pour toute la course du piston et l'effort maximum sous la pression initiale.

Nous allons d'abord rappeler quelle est la différence, au point de vue de cette utilisation, entre la machine à expansion simple et la machine à expansion multiple, différence qui a, peut-être autant que la question de la dépense de vapeur, et plus dans certain cas, contribué au succès de cette dernière (1).

Supposons une machine à un seul cylindre ayant un piston de 1 m^2 de surface et recevant la vapeur à la pression de 10 *kg* par centimètre carré. La pression initiale sur ce piston sera de 100 000 *kg* et, si l'admission a lieu pendant le cinquième de la course, la pression moyenne sera de 52 000 *kg*; si l'admission est réduite au dixième de la course, la pression moyenne sera de 33 000 *kg*; l'utilisation des organes sera donc de 0,52 dans le premier cas et de 0,33 dans le second, c'est-à-dire que, pour un travail utile de 100, les organes du mouvement devront pouvoir résister à des efforts de $\frac{100}{52} = 192$ et de $\frac{100}{33} = 300$.

Supposons maintenant qu'on ajoute au cylindre précédent un autre cylindre plus petit, de 0,400 de section par exemple, ce cy-

(1) Nous ne croyons pas exagérer en affirmant que, toute question d'économie de combustible à part, il serait impossible de réaliser dans le système ordinaire les énormes puissances et les grandes vitesses de fonctionnement nécessaires aujourd'hui dans la marine, sans s'exposer à des ruptures continuelles des arbres et des pièces du mécanisme. Les tentatives faites au moment des premières applications du système compound et qui n'ont fait qu'accélérer le développement de celui-ci, ont démontré surabondamment combien le système ordinaire s'accommode mal de ces conditions de marche.

lindre étant pour plus de simplicité placé dans le même axe que le premier et en prolongement avec tige commune, de manière à former ce qu'on appelle une machine-tandem; on fera arriver la vapeur de la chaudière à ce premier cylindre et, lorsqu'elle aura agi sur le piston, on la fera passer au second cylindre. Quelle sera, dans cette machine à double expansion, l'utilisation des organes?

Si la pression est toujours de 10 *kg* à la chaudière, on pourra avoir 3 *kg* à l'entrée au second cylindre, de sorte que les efforts sur les deux pistons seront :

$$\begin{aligned} 4\,000 \times 7\ kg &= 28\,000\ kg \\ 10\,000 \times 3\ kg &= 30\,000\ kg \\ \hline & 58\,000\ kg \end{aligned}$$

Le travail sera le même, par hypothèse, que dans la machine précédente, puisque le grand cylindre est le même que celui de la machine ordinaire et que la pression initiale est égale. Ce travail sera 52 000 pour une expansion de 5 volumes correspondant à l'admission à moitié au petit cylindre et de 33 000 pour une expansion de 10 volumes correspondant à une admission au quart; l'utilisation des organes sera donc de $\frac{52\,000}{58\,000} = 0{,}90$ et de $\frac{33\,000}{58\,000} = 0{,}57$, au lieu de 0,52 et 0,33; c'est-à-dire que, pour un travail utile de 100, les organes n'auront à résister qu'à des efforts de 111 et 175, au lieu de 192 et 300. L'utilisation des organes se trouve donc presque doublée et nous verrons plus loin qu'elle augmente avec le nombre des cylindres où la vapeur agit successivement. C'est là un avantage dont l'importance ne saurait être méconnue.

Il n'est pas inutile de faire remarquer ici que si, au lieu de supposer, pour plus de simplicité, les deux cylindres sur la même tige avec un mécanisme unique, nous les avions mis l'un à côté de l'autre actionnant chacun une manivelle de l'arbre avec calage à 90°, nous aurions utilisé, en outre, la présence des deux cylindres pour augmenter la régularité de la rotation, réduire considérablement le poids du volant et par suite les frottements et résistances, au prix, il est vrai, d'une très légère complication.

Nous nous proposons maintenant d'examiner quelle peut être, au point de vue des résistances intérieures des machines, c'est-à-

dire de leur rendement organique, la division de l'expansion entre plusieurs cylindres; nous prendrons pour sujet d'observation une machine à triple expansion comparée à une machine à un seul cylindre dont le diamètre serait le même que celui du grand cylindre de la machine à expansion multiple.

Le travail indiqué sera donc le même pour une même pression initiale supposée de 10 *kg*.

Les rapports de cylindres ont été pris de $2 \times 2 = 4$ pour plus de simplicité; le tableau ci-joint représente les données des deux machines et les éléments qui permettent d'en apprécier les utilisations organiques. On voit tout de suite que, pour une expansion totale de 10 volumes, correspondant à une admission aux 4/10 du premier cylindre, l'utilisation des organes sera de 0,78 contre 0,33 pour la machine ordinaire, soit 2,36 fois.

	PETIT CYLINDRE	CYLINDRE INTERMÉDIAIRE	GRAND CYLINDRE	TOTAUX	MACHINE ORDINAIRE
Surface du piston. . . .	2 500	5 000	10 000	17 500	10 000
Diamètre du piston . . .	0,565 *m*	0,798 *m*	1,130 *m*	»	1,130 *m*
Circonférence du piston .	1,775 *m*	2,500 *m*	3,550 *m*	7,825 *m*	3,550 *m*
Pression	5,72 *kg*	2,85 *kg*	1,43 *kg*	10 *kg*	10 *kg*
Effort maximum	14 370 *kg*	14 250 *kg*	14 300 *kg*	42 920 *kg*	100 000 *kg*
Effort moyen.	»	»	»	33 000 *kg*	33 000 *kg*
Utilisation	»	»	»	0,78	0,33

Les résistances intérieures des machines qui absorbent une partie du travail développé par la vapeur sur le ou les pistons, et n'en laissent disponibles pour le travail utile sur l'arbre que la proportion qui représente le rendement organique sont les suivantes :

1° Frottement des pistons;
2° Frottement des tiges dans les presse-étoupes;
3° Frottements du mécanisme de transmission;
4° Frottements des distributeurs;
5° Frottement de l'arbre du volant;
6° Mise en mouvement de la pompe à air, si la machine est à condensation, ce qui sera presque toujours le cas pour une machine à triple expansion. Nous allons examiner successivement ces différents points.

1° *Frottement des pistons.* — Les pertes dues au frottement des pistons sont proportionnelles à l'étendue des surfaces, c'est-à-dire à la circonférence totale des pistons, circonférence qui est de 7285 *m* pour la machine à triple expansion et de 3 550 *m* pour la machine ordinaire ; l'excédent est de 220 0/0 contre la première, mais si on considère que les garnitures des pistons ont besoin de moins de serrage dans la machine à triple expansion où les pressions dans chaque cylindre sont très réduites, on trouvera légitime de corriger chaque circonférence en la multipliant par un terme proportionnel, nous ne disons pas à la pression, mais au moins à la vitesse de la vapeur, soit à la racine carrée de la pression ; on a ainsi pour les trois pistons, en commençant par le plus petit, 4 242, 4 220 et 4 242, total 12 704 contre 11 218 pour la machine ordinaire ; l'avantage de celle-ci à ce point de vue se réduit donc à un peu plus de 10 0/0. Ce fait du moindre serrage des segments de piston est admis par les auteurs les plus compétents. « Nous ne saurions trop répéter que les garnitures des pistons des machines Woolf ne doivent avoir qu'un serrage modéré », dit Ledieu (*Nouvelle théorie élémentaire des machines à feu*, page 622). On peut donc conclure que l'infériorité de la machine à expansion multiple sous ce premier point n'est pas bien considérable.

2° *Frottement des tiges dans les presse-étoupes.* — La somme des sections des tiges de pistons, si elle était proportionnelle aux efforts maximum exercés dans les deux machines serait de 0,43 pour la machine à triple expansion contre 1 dans la machine ordinaire. Nous supposerons 0, 50 pour ne pas trop réduire le diamètre à cause de la résistance à la compression. Les circonférences seraient donc dans le rapport de 1 à 1, 42, soit 42 0/0 de plus pour la machine ordinaire. Nous supposons une tige unique ; s'il y a trois tiges distinctes, les circonférences réunies seraient dans le rapport de 115 pour les trois tiges et de 100 pour la machine ordinaire ; mais si on corrige les circonférences respectives par l'application d'un coefficient proportionnel à la racine carrée de la pression dans chaque cylindre, comme on l'a fait pour les pistons, on trouvera par un calcul analogue, au lieu d'une cause d'infériorité, un avantage de près de 47 0/0 en faveur de la machine à triple expansion. En effet, on aurait pour le premier cylindre $13,6 \times \sqrt{5,72} = 32,50$, pour le cylindre intermédiaire $13,6\sqrt{2,85} = 22,90$ et pour le grand cylindre

$13{,}6\sqrt{1{,}43} = 16{,}30$, la somme des sections des tiges étant par hypothèse égale à la moitié de celle de la tige de la machine ordinaire, au lieu de 0,43. On aurait pour celle-ci $35{,}5\sqrt{10} = 105{,}90$ au lieu de 71,7, soit 147 contre 100.

3° *Frottements du mécanisme de transmission.* — Ces frottements s'exercent sur les glissières destinées à assurer le mouvement rectiligne des têtes de pistons et sur les tourillons de ces têtes et boutons de manivelles.

Le frottement sur les glissières est proportionnel à l'effort moyen et, à égalité du rapport entre la bielle et la manivelle, il sera le même pour les deux machines ; quant au frottement des boutons de manivelle, il faut distinguer deux cas, celui d'une seule manivelle et celui de plusieurs, deux ou trois selon la disposition de la machine. Dans le premier cas, il ne saurait y avoir de doute ; la section du bouton étant réduite à 0,43 par rapport à la machine ordinaire, les circonférences seraient de 1 et 1,54 et le travail du frottement réduit dans la même proportion à effort égal, si nous négligeons les efforts initiaux bien supérieurs dans la machine ordinaire, pour ne compter que l'effort moyen.

S'il y a deux ou trois boutons de manivelle, la différence sera en sens inverse ; pour trois, le cas le plus défavorable, on aura trois sections de $\frac{43}{3} = 14{,}3$ dont la somme des circonférences sera 13,6, total 40,8, contre une section de 100 ayant une circonférence de 35,5, soit une infériorité de 12 0/0 ; pour deux manivelles on aurait égalité entre les deux systèmes. Mais cette infériorité minime disparaît absolument en présence des conséquences de la moindre variation des efforts sur les pièces du mécanisme. Nous citerons encore ici Ledieu (même ouvrage, p. 618) : « Les forces d'inertie qui proviennent des variations inévitables de vitesse des organes de transmission de mouvement donnent lieu à une série de phénomènes qui ne se produisent pas sans absorber en vibrations moléculaires une certaine quantité de travail moteur, laquelle se traduit par une élévation de température se dissipant dans l'air ambiant et quelquefois par des désagrégations de matière. En particulier, il résulte du manque d'uniformité de la rotation que l'effort de torsion de l'arbre varie incessamment. Cet effet est encore accru par les modifications inévitables de la résistance. Or, il résulte de tout cela un travail de désagrégation spécial bien prouvé par la rupture fréquente des arbres. Sous ce

rapport, les machines à expansion multiple ont un avantage incontestable sur les machines ordinaires fonctionnant à la même pression initiale et au même degré de détente définitive..... D'après ce qui précède, les transmissions de mouvement des premières machines absorbent en vibrations une moins grande quantité de travail moteur que les machines ordinaires. »

4° *Frottements des distributeurs.* — On distinguera le cas des distributeurs à tiroirs non équilibrés et celui des distributeurs à faible résistance.

Dans le premier cas, on supposera pour chaque cylindre la surface du tiroir proportionnelle à la section des lumières et celle-ci proportionnelle à la surface du piston correspondant, mais corrigée du fait de la densité de la vapeur qui passe dans ces lumières, c'est-à-dire divisée par cette densité. La surface ainsi obtenue sera multipliée par la pression au cylindre correspondant, c'est-à-dire par la différence entre les pressions maxima sur les deux faces du piston. Le tableau ci-dessous donne les éléments et les résultats de ce calcul. Les efforts sont pour la totalité des distributeurs de la machine triple de 1 862 et de 1 740 pour la machine à cylindre unique, soit une perte de 7 0/0 pour la première. Le travail absorbé pour la mise en mouvement sera dans la même proportion.

	1re Cyl.	2e Cyl.	3e Cyl.	Mach. ord.
Surface d^2.	0,25	0,50	1 00	1 00
Pression absolue P.	11 *kg*	5,30 *kg*	2,43 *kg*	11 *kg*
Densité δ	3,75	2,85	1,38	3,75
Surface corrigée $\frac{d^2}{\delta}$.	434	1 750	7 250	1 740
Pression effective p.	5,72 *kg*	2,85 *kg*	1,43 *kg*	10 *kg*
Effort $\frac{d^2p}{\delta}$	326 *kg*	499 *kg*	1 037 *kg*	1 740
		1 862 *kg*		1 740 *kg*

Si les distributeurs sont établis dans des systèmes ne présentant qu'une faible résistance au déplacement, les deux types de machines se trouveront sur le pied de l'égalité.

5° *Frottement de l'arbre du volant.* — Sur ce point il ne saurait y avoir de doute. On sait depuis longtemps que les machines de Woolf exigent, à puissance égale, des volants beaucoup moins lourds que les machines ordinaires. La régularité encore bien plus grande des efforts dans la machine à triple expansion viendra de

nouveau agir dans un sens favorable. C'est facile à comprendre dans le cas d'une machine à trois cylindres agissant sur une manivelle unique puisque les efforts n'y varieront sur les pistons que dans le rapport de 100 à 111 ou 175 au lieu de 100 à 192 et 300. Mais, si on profite de la présence de trois cylindres pour les faire agir sur deux ou trois manivelles avec des calages appropriés de celle-ci, on arrivera, en augmentant la régularité de la rotation, à réduire considérablement les dimensions et le poids du volant et, par suite, le travail absorbé par le frottement de l'arbre dans ses paliers. Ce n'est pas tout; il y a encore un point qui nous paraît n'avoir pas reçu toute l'attention qu'il mérite. Dans une machine où l'introduction n'a lieu que pendant une faible partie de la course, il se produit des phénomènes particuliers. Nous demandons la permission de reproduire ce que nous disions à ce sujet dans la Chronique du *Bulletin* de mai 1888, page 679.

« Si nous comparons une machine à faible introduction, 1/10e de la course, par exemple, avec détente pendant tout le reste, et une autre où la vapeur serait introduite pendant presque toute la durée de la course, une partie très notable du travail du piston s'effectue dans la première alors que l'effort ne se transmet que très imparfaitement à la manivelle, ce qui n'a pas lieu au même degré dans la seconde. Un tracé graphique fait voir que, pour la marche à 1/10e d'introduction, le travail effectué pendant ce dixième équivaut à 30 0/0 du travail total pour la course entière et que, de cet effort, rien n'est transmis au point mort et 56 0/0 seulement à la fin de la période, soit en moyenne 28 0/0. Dans la seconde machine, au contraire, le travail effectué pendant le premier dixième et dont 28 0/0 sont transmis à l'arbre, n'est que 1/10e du travail total; le reste de l'effort ne sert qu'à créer des frottements sur l'arbre et le bouton de manivelle ». L'expérience confirme cette manière de voir, et des essais faits aux États-Unis et que nous avons rapportés dans la Chronique précitée, indiquent bien que le rendement organique diminue avec la longueur de la période d'introduction de la vapeur.

6° *Résistance due à la mise en mouvement de la pompe à air.* — Cette résistance n'a rien à voir avec le système même de la machine; elle est proportionnelle à la dépense de vapeur de celle-ci. Elle sera donc moindre pour la machine à expansion multiple, puisque M. Lencauchez veut bien admettre que cette machine dépensera moins *par cheval indiqué*.

Dans tout ce qui précède, nous avons supposé implicitement qu'il s'agissait de machines horizontales. Dans le cas de machines verticales, la supériorité de l'expansion multiple s'affirmerait encore davantage, par suite de la réduction du poids des pièces et de leur équilibration au moins partielle par l'emploi de plusieurs manivelles. C'est, du reste, ce que paraît reconnaître M. Lencauchez lorsqu'il dit : « Lorsqu'on les monte (les machines ordinaires) dans le système vertical, elles perdent une notable partie de leurs meilleures qualités. »

Nous avons également supposé deux cas pour la machine à expansion multiple : celui de trois cylindres avec un seul mécanisme et celui de trois cylindres avec deux ou trois mécanismes. Le premier cas n'existe guère en pratique qu'à l'état d'exception (1); il nous a servi simplement pour la démonstration et nous n'en tiendrons pas compte pour nos conclusions qui ne s'appliquent qu'au second cas.

Ceci posé, voici comment nous croyons pouvoir établir la situation du moteur à expansion multiple par rapport à la machine ordinaire, au point de vue des diverses causes de résistances intérieures.

1er point. — Infériorité peu considérable ;

2e point. — Supériorité importante ;

3e point. — Légère supériorité ou tout au moins égalité ;

4e point. — Légère infériorité avec tiroirs ordinaires ou égalité avec distributeurs équilibrés ;

5e point. — Supériorité considérable ;

6e point. — Supériorité très appréciable.

On doit conclure de cet examen que la balance penche en faveur de la machine à expansion multiple, qui a sur le plus grand nombre des points l'avantage et que tout au moins rien n'indique d'où pourraient provenir les pertes énormes qui conduiraient au rendement si réduit annoncé par M. Lencauchez dans son mémoire.

On arrive à la même conclusion par le raisonnement très simple suivant qui nous a été tenu par un grand constructeur alsacien : On peut admettre que, dans une machine à vapeur, le frottement de l'arbre du volant représente à lui seul à peu près la moitié des résistances propres de la machine (2). Or, si on réduit

(1) Par exemple, une machine Sulzer qui figurait à l'Exposition universelle de 1889, à Paris.

(2) C'est aussi l'avis de M. Thurston (*Traité de la machine à vapeur*, t. I, page 565).

de 40 à 50 0/0 ce frottement par la régularisation des efforts, un calage approprié des manivelles, etc., améliorations que permet la machine à expansion multiple, il resterait 40 à 50 0/0 pour parer à l'augmentation éventuelle de toutes les autres résistances, sans que le rendement total de l'appareil tombât au-dessous de celui de la machine ordinaire. Si, ce qui est possible, l'augmentation n'atteint pas ce taux, rien ne s'oppose à ce que le rendement de la machine à triple expansion dépasse même légèrement celui de la machine simple.

Les considérations, pour ainsi dire théoriques, que nous avons exposées ci-dessus se trouvent-elles confirmées par la pratique? Nous en avons la ferme conviction, bien qu'il ne soit pas facile de le déduire d'observations directes. En effet, en dehors des machines élévatoires, nous ne connaissons presque pas de résultats d'expériences relatifs au rendement des machines à triple expansion qui sont généralement de grande puissance et sur lesquelles, pour cette raison, les essais au frein sont très difficiles à effectuer. Mais on a beaucoup de rendements de machines à double expansion et nous pourrons en tirer des inductions utiles et même une sorte de vérification.

La relation donnée par M. Lencauchez, appliquée à une machine à double expansion à deux cylindres, conduirait à lui attribuer, en partant de 0,88 pour une machine à un seul cylindre, un rendement de $\overline{0,88}^2 = 0,775$, soit une infériorité de 12 0/0.

Or, une machine Woolf, système Queruel, a donné, dans des expériences faites en 1885, un rendement de 0,91 pour 76 *ch* indiqués. Ce chiffre, qui est, comme on le verra plus bas, à bien peu près égal au rendement le plus élevé (0,915) constaté sur une machine à un seul cylindre, est dû en très grande partie au calage de 180° adopté pour les deux manivelles, ce qui confirme ce que nous avons dit précédemment au sujet du frottement de l'arbre du volant.

Dans les *Bulletins de la Société Industrielle de Mulhouse* pour 1889, notre collègue M. Walther-Meunier, l'éminent ingénieur en chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur, donne, d'après ses propres expériences, 0,8815 comme moyenne de rendement de quatre machines compound et 0,9115 comme moyenne de rendement de deux machines à un seul cylindre, ce qui fait une différence de 3 0/0 au détriment de la machine à expansion multiple; nous sommes loin des 12 0/0 de M. Lencauchez; mais nous n'avons aucune raison de cacher que la con-

clusion de M. Walther-Meunier ne nous paraît pas très probante. Les nombres de machines, deux dans un cas, sont très faibles; les appareils comparés, sur lesquels nous n'avons pas d'indications, étaient probablement très différents les uns des autres par leur disposition générale, la position horizontale ou verticale des cylindres, l'admission, la vitesse, la pression, etc. On peut d'ailleurs opposer à ces chiffres de M. Walther-Meunier d'autres chiffres donnés par lui-même. Ainsi, nous trouvons également dans le *Bulletin de la Société Industrielle de Mulhouse*, 1887, page 156, un tableau donnant les rendements d'un certain nombre de machines de divers systèmes et dont nous reproduisons ci-dessous les éléments essentiels :

Machines à un cylindre			*Machines compound*		
Balancier . . .	115 *ch*	0,908	Woolf balancier.	191 *ch*	0,896
Corliss.	145	0,915	Woolf horiz. . .	170	0,891
Collmann . . .	22	0,878	Compound. . .	60	0,876
Demi-fixe . . .	24	0,863	— . . .	59	0,896
			— . . .	249	0,863
Moyenne. . . .	77 *ch*	0,891	Moyenne. . . .	146 *ch*	0,884

La différence de rendement au détriment de la machine compound n'est plus ici que 0,8 0/0, différence absolument insignifiante, et il n'y a pas à tirer argument de la plus grande puissance moyenne des machines compound, l'influence de la puissance sur le rendement étant négligeable, car on voit dans le tableau qu'une compound de 59 *ch* a donné le même rendement qu'une de 191 et que le plus faible de tous correspond à la plus forte machine.

Si on met de côté les deux machines à balancier qui sont dans des conditions exceptionnelles, par suite de leur mode de transmission, lequel produit un équilibre avantageux des pièces en mouvement et correspond à une faible vitesse de rotation également avantageuse, le rendement moyen deviendra, pour le moteur ordinaire, 0,885 pour une moyenne de 64 *ch* et, pour la machine compound, 0,881 pour une moyenne de 144 *ch*. Les deux moyennes différant seulement de 4 millièmes doivent être considérées comme identiques.

Les expériences de notre collègue de Mulhouse nous fournissent un renseignement particulièrement intéressant. La dernière ma-

chine compound du tableau précédent, construite par la fabrique de Bitschwiller, a été soumise à trois expériences : la première avec les deux cylindres fonctionnant en compound, la seconde avec le petit cylindre seul et marchant à condensation, la troisième avec le même cylindre marchant sans condensation; voici les rendements obtenus et les puissances développées dans ces conditions :

Deux cylindres compound	249 *ch*	0,863
Petit cylindre avec condensation .	128	0,839
— sans condensation .	128	0,880

On voit que la supériorité de rendement du petit cylindre marchant sans condensation s'expliquant tout naturellement par la suppression de la mise en marche de la pompe à air, on peut admettre que la machine compound à deux cylindres et une machine n'ayant qu'un cylindre égal au petit ont pratiquement le même rendement; ne peut-on en conclure qu'une machine à un seul cylindre égal au grand de la machine compound aurait eu un rendement un peu inférieur? On remarquera le rendement moindre du petit marchant avec condensation, cela tient à la disproportion de la pompe à air faite pour une force double et probablement aussi à la plus grande dépense de vapeur de la machine fonctionnant à forte admission et au plus grand travail imposé de ce chef à la pompe à air. Quoi qu'il en soit, cette expérience nous paraît avoir un grand intérêt au point de vue dont nous nous occupons.

On voudra peut-être nous objecter ici que les rendements dont nous avons parlé sont les rendements maximum correspondant à la marche des machines à pleine charge et que la proportion trouvée dans ces conditions pourra se trouver modifiée d'une manière importante pour un travail réduit. A cela nous répondrons que, si le rendement se trouve réduit avec le travail produit sur les pistons, — réduction qui s'explique facilement par beaucoup de raisons, entre autres par la disproportion croissante entre les dimensions des organes et l'effort qu'ils ont à supporter, — la réduction sera à peu près égale pour les deux types de machines et probablement même plus grande pour la machine à un seul cylindre, par suite des mauvaises conditions de fonctionnement et de régularité de rotation où elle se trouvera avec une admission de plus en plus réduite. Nous ne croyons donc pas qu'il y

ait de ce fait une atténuation bien marquée à la situation que nous avons indiquée.

Nous avons dit plus haut qu'on possède des rendements provenant d'expériences sur de grandes machines élévatoires américaines. Ces rendements, représentant le rapport du travail en eau montée au travail mesuré à l'indicateur sur les pistons, s'élève fréquemment jusqu'à 0,90, on a même constaté 0,908 et 0,914. Aux East London Water Works, à Londres, on a eu 0,88. Ce sont des machines verticales à trois manivelles également espacées, volant léger et commande directe des pistons des pompes par les tiges des pistons à vapeur. Ces dispositions expliquent le rendement élevé et celui-ci montre à son tour que la multiplicité des cylindres n'en affaiblit pas la valeur. Si on considère que le frottement des pistons et tiges des pompes et la résistance de l'eau au passage des clapets équivaut, dans une large mesure, au frottement de l'arbre du volant et à celui des guides de têtes de pistons dans une machine autre qu'une machine élévatoire, on est porté à admettre qu'une machine à triple expansion, à rotation, peut bien avoir un rendement assez voisin de 0,90..

Enfin, nous possédons un document très important relativement au rendement des machines à triple expansion, dans les expériences remarquables du professeur Osborne Reynolds, faites en 1888-89 au laboratoire de mécanique de l'Owens's College, à Manchester, expériences publiées dans les *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, décembre 1889, et dont un résumé a été donné par notre collègue, M. G. Richard, dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, t. II, 2^{me} série.

La machine sur laquelle ont été faites les expériences se composait de trois machines distinctes, verticales, à pilon, ayant des cylindres de 127 *mm*, 203 *mm* et 305 *mm* de diamètre, avec une course de 305 *mm* pour les deux premiers et de 381 *mm* pour le dernier. Chaque cylindre agissait sur un arbre indépendant, ces arbres pouvant, à volonté, être reliés par des manchons. Dans les essais, les arbres étaient séparés et chacun portait un frein dynamométrique. On constatait, pour chaque cylindre, le travail indiqué et le travail sur l'arbre; on avait donc le rendement organique de chaque cylindre et le rendement total.

Nous reproduisons dans le tableau ci-joint les données et les résultats des six expériences qui figurent dans le mémoire original du professeur Osborne Reynolds.

	NUMÉROS DES ESSAIS					
	44	33	56	41	35	40
Pression à la chaudière . .	14,2 *kg*	14,3 *kg*	14,7 *kg*	14,5 *kg*	14,6 *kg*	14,4 *kg*
Nombre de tours moyen. .	134	232	276	124	209	306
Travail indiqué.	33,23	55,76	71,1	30,92	48,51	73,87
Travail au frein	26,32	45,32	55,15	24,33	40,1	58,81
Rendement I	0,812	0,848	0,844	0,825	0,810	0,794
Rendement II	0,835	0,835	0,730	0,793	0,861	0,815
Rendement III.	0,753	0,775	0,754	0,75	0,81	0,78
Rendement Total. . . .	0,792	0,813	0,765	0,79	0,826	0,80
Eau par cheval au frein. .	8,12	7,38	7,51	10	8,77	9,00

Les trois premiers essais ont eu lieu avec la vapeur dans les enveloppes dont étaient munis les fonds et la périphérie des cylindres, les trois derniers sans vapeur dans les enveloppes. Il est bon de faire remarquer que, si le troisième cylindre a, en général, un rendement inférieur à celui des autres, cela tient surtout à ce qu'il était chargé de conduire la pompe à air, tous ces essais ayant été faits avec la condensation.

On verra d'abord que les rendements sont assez faibles. Le professeur Osborne Reynolds les considère comme *exceptionnellement bas* et il attribue ce fait à la grande longueur de la ligne d'arbres qui n'avait pas moins de 12 *m* et qui exigeait un nombre relativement important de paliers de support et à la proportion exagérée des lumières qui, avec des tiroirs non équilibrés, donnait lieu à une grande absorption de travail pour la mise en mouvement des distributeurs. On peut ajouter à ces causes de perte l'indépendance des arbres qui ne permettait pas de profiter du calage des différentes manivelles pour régulariser la rotation et réduire le poids des volants qui étaient au nombre de trois; on pourrait encore invoquer le nombre élevé de tours qui ne constitue pas, en général, une condition avantageuse.

Mais ce qui est intéressant, ce n'est pas le rendement absolu qui a été cependant en moyenne de 0,80, alors que M. Lencauchez n'admettrait que 0,68, mais bien le rendement total comparé aux rendements partiels des divers cylindres. En effet, dans l'essai 40, par exemple, le rendement total a été de 0,80, tandis que le rendement du grand cylindre n'a été que de 0,78; or, si ce dernier cylindre avait eu à produire à lui tout seul la puissance

totale en opérant directement toute l'expansion qui se produit ici dans les trois cylindres, est-il admissible que, fonctionnant dans des conditions de charge initiale, de variation d'effort et d'irrégularité de rotation très défavorables, il eût présenté un rendement plus élevé que les 0,78 qu'on a observés, ou, si on veut, à la rigueur, que les 0,80, valeur du rendement total de la machine à triple expansion? Les considérations exposées plus haut nous porteraient a croire plutôt le contraire.

Nous ferons remarquer que, malgré les faibles rendements obtenus dans ces expériences et qui tiennent, en grande partie, à ce que la machine était plutôt combinée pour se prêter facilement aux diverses conditions des essais que pour donner un bon résultat industriel, les consommations de vapeur par cheval effectif ressortent, surtout avec les enveloppes fonctionnant, à des chiffres très avantageux, 7,66 *kg* en moyenne, ce qui correspondrait, avec des productions de vapeur facilement réalisables industriellement, à 0,90 à 0,95 *kg* de charbon par cheval et par heure, pour une puissance qui n'a pas dépassé, dans ces conditions, 55 *ch* effectifs.

Nous pouvons encore citer comme exemple de rendement observé directement sur une machine à triple expansion, il est vrai d'un système tout spécial, et à une seule manivelle, le chiffre de 0,865 obtenu par M. le professeur Schröter, de Munich, avec un moteur à forte surchauffe du système Schmidt, donnant 72 *ch* indiqués à 115 tours par minute.

Il est à peine besoin de faire remarquer que, dans tout ce qui précède, nous n'avons pas eu la prétention de donner des valeurs précises des rendements organiques des machines, nous avons voulu indiquer simplement à quelles limites ils peuvent s'élever, d'autant plus que ces rendements sont modifiés dans une large mesure par diverses conditions, telles que le graissage, l'état d'entretien des appareils, leur âge, etc. Ainsi on a constaté en Amérique qu'alors qu'une puissante machine élévatoire avait, à ses essais de mise en marche, donné une proportion de 14 0/0 pour les frottements et résistances propres, cette proportion était réduite à 9 1/2 0/0 après huit mois de fonctionnement.

Nous espérons en somme avoir démontré par tout ce qui précède: 1° que la supposition d'un rendement normal réduit à $\overline{0,88}^3 = 0,68$ pour une machine à triple expansion ne peut se justifier à aucun point de vue; 2° que le rendement d'une machine à expansion multiple n'est pas nécessairement plus faible que celui d'une ma-

chine à un seul cylindre ; et 3° comme conséquence, que les dépenses de 6 à 7 *kg* de vapeur par heure et par cheval indiqué, dont a parlé M. Lencauchez, peuvent se traduire par l'obtention d'un cheval effectif sur l'arbre avec une consommation de 7 à 8 *kg* par heure, chiffres qui pourront encore être probablement réduits par la suite.

Nous sommes de ceux qui, sans rejeter aucun autre progrès nouveau dans la production de la force motrice, ont une foi entière dans l'avenir de la machine à vapeur qui n'a pas encore dit son dernier mot (1).

Les conclusions, pessimistes à ce point de vue, de M. Lencauchez ne nous inquiètent pas et, quand nous lisons à la page 872 de son mémoire, que « quatre-vingt-dix-neuf fois sur cent, on a 2 *kg* à 2,5 *kg* pour la consommation industrielle de combustible par cheval-heure pour des machines à vapeur », nous sommes tentés de nous demander si des idées aussi décourageantes et aussi peu flatteuses pour l'amour-propre de nos constructeurs et de nos industriels, émises *quarante-cinq ans* après que la Société d'Encouragement décernait une haute récompense à Farcot et à Legavrian pour avoir abaissé à 1,30 *kg* la consommation de combustible de leurs machines à vapeur, ne lui sont pas en grande partie inspirées par une tendresse, légitimée d'ailleurs par de remarquables travaux auxquels nous rendons pleine justice, mais toutefois exagérée, pour les moteurs à gaz et les gazogènes, laquelle ne lui permet plus d'examiner avec toute l'impartialité nécessaire les questions qui touchent aux autres machines.

Nous pourrions prolonger cette controverse, persuadé que plusieurs autres des considérations émises par notre savant collègue sur ce sujet, notamment à propos de l'utilité de la condensation, ne résisteraient pas plus à un examen attentif que celles que nous avons dû combattre à propos du rendement. Mais cette note est déjà bien assez étendue, et nous la terminerons en exprimant le vœu que ceux des Membres de notre Société qui seraient en mesure de lui fournir des renseignements pratiques sur le sujet du rendement organique des machines à vapeur veuillent bien les lui communiquer et contribuer ainsi à élucider définitivement une question aussi intéressante pour la production économique de la force motrice.

(1) Nous citerons par exemple, à l'appui de cette manière de voir, les résultats remarquables obtenus avec les machines à vapeur très surchauffée des systèmes Serpollet, Schmidt, etc., qui semblent ouvrir des horizons nouveaux à la question.

OBSÈQUES

DE

M. G. LOUSTAU

le 22 janvier 1895

DISCOURS

DE

M. G. DU BOUSQUET

INGÉNIEUR EN CHEF DU MATÉRIEL ET DE LA TRACTION DE LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD
ANCIEN PRÉSIDENT

Nous venons d'avoir la douleur de perdre un homme, respectable entre tous, aimé de tous, que la mort elle-même semblait vouloir épargner et qu'elle avait le devoir d'oublier longtemps encore.

Tout au moins eût-elle pu se montrer plus douce, plus clémente.

Je viens, Messieurs, au nom de la Compagnie du Nord dont M. Loustau fit si longtemps partie, au nom de ses Ingénieurs qui furent tous ses amis, au nom des anciens agents de la deuxième division qui ont gardé de lui un si bon souvenir, rendre à cet homme de bien le juste tribut d'hommages respectueux, de regrets sincères qui lui est dû.

Gustave Loustau était né à Sarrelouis, le 23 juin 1809. Il était bon Français, car Sarrelouis était alors du bon côté de la frontière. Il avait accompli sa quatre-vingt-cinquième année en pleine possession de toutes ses facultés intellectuelles, quand le cruel événement qui nous réunit est survenu.

Il appartenait à cette première promotion de l'École Centrale dont faisaient partie deux autres Ingénieurs de notre Compagnie : du Pan, Ingénieur de la construction des plus distingués, et Petiet, l'éminent Ingénieur en chef de l'exploitation et du matériel jusqu'en 1871.

Petiet avait pour son camarade Loustau l'amitié la plus vive. Il la lui devait bien, car Loustau, à l'école même, s'était montré pour lui d'un dévouement admirable. Petiet, atteint d'une maladie

d'yeux, obligé de garder la chambre, ne pouvait suivre les cours, ni consulter aucun cahier de notes; la situation se prolongeait et la carrière de notre futur Ingénieur en chef se trouvait compromise. Loustau se fit le répétiteur de son ami; chaque soir, il vint dans sa chambre lui refaire les cours de la journée. De là, cette grande amitié doublée d'une haute estime.

Aussi, en arrivant au Nord, le premier soin de Petiet fut d'appeler Loustau à ses côtés; il était sûr que ce serait un autre lui-même; Loustau entra à la Compagnie comme agent administratif des ateliers, titre qu'en 1853 il échangea contre celui d'agent administratif du matériel. En cette qualité, son action s'étendait sur tout le service de la division du Matériel et de la Traction.

Dans ces hautes fonctions, il fit preuve d'une exactitude et d'une conscience remarquable, entrant dans les moindres détails de son important service, se montrant en toute occasion bon, complaisant, charitable.

Non seulement il avait toutes les qualités d'honneur et de probité, mais il n'aurait pu concevoir qu'on ne les eût pas et jugeait tout le monde d'après lui-même. C'était la bonté dans toute l'acception du mot.

En 1878, à l'âge de soixante-neuf ans, il prit sa retraite, fut nommé agent administratif honoraire et se consacra désormais à ses chères études de géologie, d'archéologie et de numismatique. Il réunit, dans ses loisirs de précieuses collections dont le dévouement d'une femme éclairée, digne fille de Lebrun, l'un des plus remarquables directeurs de l'École d'Arts et Métiers de Châlons, et fidèle compagne de toute sa vie, l'aida puissamment à faire la classification. Les fossiles de la région du Nord n'avaient pas de secrets pour lui, il avait fait aussi une étude approfondie de toutes les nécropoles mérovingiennes Sansernoises.

Il était membre de la Société Géologique de France, de la Société de Géographie de Paris, membre correspondant de la Société des Antiquaires de France, du Comité archéologique de Senlis et de l'Académie de Savoie à laquelle il fit de nombreux rapports sur les cités lacustres du lac du Bourget. Il était chevalier de la Légion d'honneur et de plusieurs autres ordres. J'omets à dessein, ce qu'il fut pour l'École Centrale, ce qu'il fut pour la Société des Ingénieurs Civils de France, laissant à d'autres le soin de vous le dire, comme aussi de celui de vous rappeler les témoignages de sympathie dont il fut l'objet à plusieurs reprises. Il m'appartient cependant de vous faire connaître qu'il y a cinq ans, à Zvemen,

dans le nord de l'Écosse, les chefs de service de divers chemins de fer célébrèrent tous ensemble son quatre-vingtième anniversaire.

Cet homme, d'un si charmant commerce, cet excellent ami, ce père si tendre, ce modèle des époux, à qui une vieillesse admirable de verdeur semblait réserver encore des jours nombreux, vient de nous être tout à coup ravi, succombant à une mort horrible. Nous en sommes tous si attendris, nous ses collègues et ses amis, que, ne pouvant calmer notre douleur, nous ne saurions trouver de paroles pour adoucir celle de cette famille éplorée. Nous ne pouvons que pleurer avec elle, que joindre nos amers regrets aux siens.

Adieu, cher et vénérable ami, nous garderons précieusement et pieusement ton souvenir.

DISCOURS

DE

M. L. APPERT

PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Nous avons appris avec la plus profonde affliction et le plus vif sentiment d'étonnement et de douleur la nouvelle de la mort accidentelle et particulièrement tragique de notre Collègue Gustave Loustau, décédé le 20 janvier dans les circonstances malheureuses que vous connaissez maintenant.

C'est au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France que je viens prendre la parole pour dire un dernier adieu au doyen de notre Société, à celui de nos Collègues le plus justement estimé, et je pourrais dire le plus aimé.

Gustave Loustau, sorti de l'École Centrale en 1832, faisait partie de cette pléiade d'Ingénieurs jeunes et ardents que les leçons des Dumas, des Olivier, des Péclet, avaient fortement trempés, et qui, sentant le besoin d'assurer l'avenir de notre profession, décidaient le 4 mars 1848 de fonder définitivement la Société des Ingénieurs sortis de l'École Centrale, comme on avait tenté déjà bien des fois, mais sans succès, de le faire.

Loustau, à ce moment simple membre, et fondateur de la nouvelle Société, ne tardait pas à mettre sa bonne volonté et son expérience à la disposition de ses camarades devenus ses Collègues et en 1851 il en était nommé le trésorier, fonction qu'il devait conserver trente-cinq ans et qu'il a su remplir pendant cette longue période avec le plus complet dévouement et le plus profond désintéressement.

Entré à la Compagnie du Nord au moment de sa fondation où il avait été appelé par Petiet, son camarade et son ami, il la quittait en 1878 et était nommé agent administratif honoraire du Matériel et de la Traction ; mais, désireux de servir encore cette Société des Ingénieurs Civils qui lui était si particulièrement chère, il conservait encore ses fonctions de trésorier jusqu'en 1886, malgré les déplacements longs et fatigants auxquels l'obligeait l'éloignement de la retraite qu'il s'était volontairement choisie. Désireux de reconnaître les services qu'il avait rendus, on sait avec

quelle sollicitude, nous le nommions en même temps par acclamation trésorier honoraire, heureux de pouvoir, en conservant dans nos bulletins de chaque année son nom respecté et aimé, lui donner cette preuve de notre unanime sympathie.

En 1882, sur la proposition de M. Mathieu, notre ancien Président, la Société des Ingénieurs Civils lui avait décerné une médaille d'or.

Au cours de cette période d'années, pendant lesquelles le développement de la Société et l'augmentation du nombre de ses membres avaient exigé un concours de plus en plus actif, Loustau a rendu à notre Société les plus signalés services et montré pour nos intérêts la plus constante sollicitude.

Pendant l'accomplissement de ses délicates fonctions il ne sut se faire aucun ennemi et il meurt en ne laissant que des amis venus pour le regretter, et en déplorer la perte.

Admirons, Messieurs, cette longue existence qui par sa simplicité, son intégrité et sa durée, rappelle celle des anciens patriarches, existence si bien remplie et que pendant cinquante-quatre ans sa respectable et vénérée compagne l'a aidé si noblement à parcourir.

Puissent ces bien faibles mais bien sincères témoignages de sympathie et de regrets atténuer le si légitime chagrin de madame Loustau et de ses enfants en leur rappelant qu'il est partagé par ses nombreux amis et par tous ceux qui ont eu le bonheur de le connaître et de l'approcher!

ALLOCUTION

DE

M. A. GODILLOT

Messieurs,

M. le Président de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale, M. Berthon, se faisait un devoir de venir ici dire un dernier adieu à notre regretté doyen.

Mais, retenu à la chambre par l'ordre du médecin, il m'a chargé de lire le discours qu'il avait préparé.

J'ai accepté avec empressement cette mission qui me permet de m'associer plus efficacement, si je puis dire, à ce deuil, qui me permet d'apporter à la vénérée compagne, au fils, à la famille de notre ancien Président, l'expression des profonds regrets et de la respectueuse sympathie du Comité de l'Association amicale.

DISCOURS

DE

M. A. BERTHON

Messieurs,

Quand, hier, m'est parvenue la funèbre nouvelle de la triste fin de notre vénéré camarade, M. Loustau, c'est à peine si je me suis senti la force d'écrire ces quelques mots, destinés à apporter sur sa tombe si tragiquement ouverte les adieux et les regrets de l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale.

L'année dernière, nous lui remettions dans une fête touchante de famille, le témoignage de l'affection et de l'admiration de ceux dont il était le doyen. Il a entendu ce jour-là l'expression des sentiments que nous devons renouveler aujourd'hui devant sa tombe ; nous les lui disions alors avec joie et il nous écoutait avec ce sourire aimable et cette bonhomie qui l'avaient rendu populaire parmi nous ; mais aujourd'hui, c'est devant une famille en deuil, accablée par un si horrible malheur, que je dois redire ce qu'a été la longue vie de cet honnête homme.

Gustave Loustau était un des élèves de la première promotion de l'École Centrale, où il était entré, en effet, en 1829, après d'excellentes études au collège de Metz. C'était notre doyen et sa vie est l'une de celles que l'École peut citer avec honneur comme un modèle à nos jeunes camarades.

Sa carrière d'Ingénieur s'est achevée à la Compagnie du Chemin de fer du Nord, où il était entré, dès sa fondation, sous les auspices de son camarade de promotion, M. Petiet. Il y gagna par trente-deux ans de travail l'estime de tous ceux qui l'ont connu et y fut récompensé de la croix de la Légion d'honneur ; dans la retraite, Loustau consacra sa vieillesse aux occupations les plus nobles, il avait toutes les curiosités d'une intelligence distinguée, que n'intéresse pas seulement le métier où elle s'est exercée, car il avait l'esprit, comme le cœur, largement ouvert.

La Société de Géologie, la Société de Géographie, la Société des Antiquaires s'honoraient de le compter parmi leurs membres ; lui-même, par ses recherches et ses travaux, avait prouvé qu'il

était capable de pratiquer des sciences qu'il aimait tant; mais, celle qu'il avait en prédilection, c'était l'archéologie.

Il trouvait là surtout à satisfaire toutes les passions de son esprit, grand ami de la précision scientifique, sans doute, mais si amoureux aussi des choses élégantes et rares.

Une si agréable variété de goûts, ce don de s'intéresser avec passion à des sciences et à des arts si différents sont des traits de caractère, cela montre un homme bienveillant à tous comme à tout, sympathique à tous les sentiments, comprenant, partageant les tristesses et les joies de ses camarades, de ses amis, en un mot l'homme aimable.

Nous le chérissions comme celui auquel nous aurions voulu surtout ressembler ; il était l'exemple vivant du bon camarade, l'Association l'avait choisi, en 1872, comme son Président. Nul n'a mérité, ne méritera plus que lui, une telle fonction ; même encore maintenant il n'oubliait pas son Association; son esprit fidèle à nos réunions nous envoyait chaque année son souvenir respecté. Nous le conserverons pieusement comme celui d'un homme que nous avons beaucoup aimé, parce qu'il nous a appris à nous aimer mieux les uns les autres.

Il n'y a pas de mots pour consoler ses proches d'un si cruel malheur; combien il les aimait, combien ils l'aimaient eux-mêmes, nous le comprenons sans peine. Peut-être le témoignage public de la sympathie qu'il avait méritée parmi nous sera-t-il un adoucissement à une douleur que nous saluons respectueusement.

Mais son épouse vénérée, son fils et ses petits-enfants peuvent être fiers de l'estime générale qui l'accompagne jusqu'à cette tombe.

Adieu, mon cher Loustau, dormez en paix votre dernier sommeil ! Nous devinons les inquiétudes que votre cœur généreux a laissées sur la terre. Mais nous avons appris de vous que l'Association est une grande famille et l'Association ne l'oubliera pas.

CHRONIQUE

N° 181

Sommaire. — Les débuts des chemins de fer à voyageurs. — Les clapets de pompes. — Une réparation de machine à vapeur. — La force du vent. — La navigation fluviale en Russie.

Les débuts des chemins de fer à voyageurs. — Nous trouvons dans le *Railway Engineer* d'intéressants souvenirs sur les difficultés que les premiers chemins de fer organisés pour le transport des voyageurs eurent à subir de la part des préjugés les plus absurdes. Ainsi, c'était à l'époque un article de foi que la fumée des locomotives devait empêcher les récoltes de croître le long des lignes; le bruit des trains devait empêcher les bestiaux de manger et de dormir et les faire dépérir; les poules ne devaient plus pondre, les vaches donner du lait et les brebis mettre bas. Dans un autre ordre d'idées, comme on n'aurait plus besoin de chevaux, la race devait en disparaître. Les personnes ayant un intérêt quelconque dans les diligences, les routes à péage, les canaux, etc., étaient les adversaires déterminés du nouveau mode de transport. Les éleveurs des environs de Londres ne pouvaient lui pardonner d'amener aux marchés de la métropole, sans fatigue et dans d'excellentes conditions, des animaux d'une grande distance. Les tunnels notamment prêtaient aux récriminations du corps médical, et les médecins défendaient surtout à leurs clients de fréquenter la route de Brighton dont les souterrains devaient exercer la plus fâcheuse influence sur la gorge, les poumons, les yeux et les oreilles des voyageurs (1). Comme concession aux idées des savants praticiens et pour donner au public une impression de sécurité, les principaux tunnels de la ligne furent éclairés par des réverbères placés de distance en distance.

L'opposition faite aux chemins de fer eut, dès le début, pour argument favori l'explosion des chaudières. Ce genre d'accident était alors bien plus fréquent que maintenant. Il était souvent amené par le surchauffage des ciels de foyer en présence d'un manque d'eau, souvent aussi par la surcharge des soupapes de sûreté par les mécaniciens. Bien que presque toutes les locomotives eussent alors au moins une de leurs soupapes *sous clé*, le bon effet de cette précaution était plus apparent que réel.

Deux fois des locomotives sautèrent dans le dépôt de Manchester avec de nombreuses victimes et de grands dégâts matériels. Une des premières machines à six roues portant le nom de « Patentee » fit explosion le 12 juillet 1837 sur le remblai de Edge Hill pendant qu'elle servait de pilote à un train de marchandises attelé de deux locomotives en tête et

(1) On sait qu'en France les chemins de fer rencontrèrent la même opposition à leur début et qu'un homme d'État et un savant, tous les deux célèbres, émirent sur l'avenir qui leur était réservé les appréciations les plus pessimistes.

de deux en queue. Le mécanicien et le chauffeur furent tués, le foyer projeté en dehors de la chaudière et la machine très endommagée. Dans les trois cas dont il vient d'être question, les soupapes avaient été calées ou surchargées.

Mais, comme on ne tarda pas à s'apercevoir que ce genre d'accidents était possible à éviter, et que les premières victimes étaient ceux qui les avaient provoqués, la crainte ne tarda pas à s'apaiser peu à peu et à disparaître.

L'opposition se basait aussi alors sur des préjugés de caste aujourd'hui disparus. Les grands propriétaires fonciers ne savaient ce qu'ils devaient le plus détester des chemins de fer ou du Bill de Reforme. Voyager côte à côte avec des commerçants ou des bourgeois, dans l'impossibilité d'avoir désormais des chevaux de poste, était amer à avaler. Aussi évitaient-ils souvent ces difficultés en voyageant dans leurs propres voitures placées sur des trucks, ce qui se faisait, il n'y a pas encore bien longtemps, pour la traversée de la Manche. Cette pratique n'était pas toujours exempte de dangers. Ainsi la comtesse de Zetland, allant en 1847 de Durham à Londres, dans sa voiture placée sur un truck, des étincelles de la machine mirent le feu à la voiture; à la faveur d'une vitesse de 60 *km* à l'heure, l'incendie acquit une grande violence; la comtesse et sa femme de chambre sautèrent de la voiture en flammes sur le truck d'où la dernière tomba en se blessant grièvement; heureusement on arrivait à Rugby et on put arracher Lady Zetland à une des plus terribles positions qu'on puisse imaginer (1).

Ce sont toutefois les collisions dont la crainte faisait le plus d'impression sur le public et on suggérait les expédients les plus extraordinaires pour les prévenir. On proposa sérieusement de relier la locomotive au train par un câble ou une chaine assez longs pour que le garde-frein pût les détacher si quelque chose arrivait à la machine. Une autorité dans les questions de chemins de fer à l'époque, le lieutenant Lecount, soumettait l'idée de placer à l'avant de la locomotive un homme armé d'une longuevue, pour voir de loin si les aiguilles étaient bien faites, si un rail ne manquait pas ou enfin, s'il n'y avait pas d'obstacle sur la voie. Nous ne savons si quelqu'un de ces procédés a été mis à l'essai, mais en tout cas ils prouvent que les directeurs de chemins de fer se préoccupaient de la question de sécurité. Ils y avaient d'ailleurs le plus grand intérêt, car rien ne pouvait mieux appuyer l'opposition que l'idée d'un danger réel couru dans les voyages en chemin de fer.

Il est à remarquer, du reste, que les débuts des chemins de fer furent très heureux à ce point de vue.

La bonne construction, la vitesse modérée, la grande surveillance et, il faut bien le dire, le faible trafic rendirent les accidents très rares. Les lignes étaient surveillées par des hommes placés de 400 à 500 *m* de distance les uns des autres et attentifs à reconnaître tout dérangement dans

(1) Le train du chemin de fer du Nord qui fut précipité, le 8 juillet 1846, dans les marais de Fampoux, comportait, sur vingt-six véhicules, trois diligences et sept chaises de poste sur trucks. L'une de ces dernières contenait le général Oudinot et son aide de camp; ce dernier fut grièvement blessé, tandis que le général échappa sain et sauf. Tous les voyageurs qui occupaient la diligence placée le plus à l'avant du train furent tués.

la voie qu'ils devaient se signaler les uns aux autres par des drapeaux ou des lanternes jusqu'à ce que la connaissance en arrivât à la station la plus proche (on n'avait pas alors de télégraphe électrique). A l'entrée de chaque tunnel était un garde qui veillait à ce que deux trains n'y pénétrassent pas à trop court intervalle (on verra plus loin par quel moyen). Ces hommes étaient soumis à une discipline presque militaire, étaient assermentés et pouvaient arrêter et conduire en prison ceux qui se mettraient en contravention contre les règlements de la Compagnie.

Les moyens de mettre le train en communication avec le mécanicien étaient l'objet d'une sérieuse préoccupation. On essaya divers systèmes, D'abord les conducteurs étaient placés sur les wagons de tête et de queue se regardant l'un l'autre et pouvant voir à l'avant et à l'arrière du train. Celui d'avant était quelquefois en communication avec le mécanicien par un porte-voix et une corde. On proposa aussi de placer derrière la cheminée un miroir. De nuit, en cas d'alarme, le conducteur d'avant allumait un feu bleu, signal d'attention, ou un feu rouge, signal de danger, que le machiniste pouvait voir dans la glace. Ces feux étaient contenus dans de petites boites en étain et on les allumait par le choc d'un percuteur sur un peu de fulminate, ils donnaient une très vive clarté. Un système de miroirs assez analogue fut essayé au London and North Western vers 1846 pour permettre au mécanicien de voir sans être obligé de se retourner si les conducteurs lui faisaient des signes. Le locomotive superintendent d'alors, M. J.-V. Gooch, considérait d'ailleurs ces dispositifs comme plus propres à détourner l'attention des mécaniciens de leur affaire qu'à autre chose et les supprima bientôt.

Lorsqu'on eut fait descendre les conducteurs du haut des wagons, la question de l'intercommunication dans les trains, qui n'avait jamais été très bien vue des directeurs de chemins de fer, fut enterrée, jusqu'à ce que l'assassinat de M. Briggs sur le North London Ry en 1862 la fit renaitre. A l'heure actuelle elle n'est d'ailleurs encore pas sur beaucoup de lignes bien plus avancée qu'elle ne l'était, il y a quarante ou cinquante ans, au moins quant à l'efficacité réelle.

La sécurité relative de la circulation sur les premiers chemins de fer était, il faut bien le dire, plus l'effet d'un hasard favorable que de l'exploitation. On avait des pratiques souvent très vicieuses; ainsi on faisait circuler d'énormes trains attelés de deux, trois, quatre et même d'un nombre supérieur de locomotives, partie en tête, partie en queue. En juin 1841, un train de cinq machines et 47 voitures contenant plus de 1000 personnes circula entre Sheffield et Derby sur le North Midland Ry. Beaucoup plus tard, des trains de voyageurs ayant une locomotive à chaque bout n'étaient pas rares sur le Great Eastern. On voyait souvent des express de 30 voitures sans autre moyen d'arrêt que deux ou trois freins à main. Des trains mixtes de marchandises, bestiaux et voyageurs de 3e classe étaient simplement sous la dépendance du frein d'un tender de 8 à 10 *t*. Les machinistes de l'époque marchaient sans inquiétude à une bonne vitesse dans des conditions qui auraient crispé les nerfs de personnes habituées au block-system, aux enclenchements, aux freins continus et à toutes les précautions d'aujourd'hui, et, malgré cela, il arrivait très peu d'accidents. Ce n'est que lorsque le trafic fut de-

venu hors de proportion avec les moyens primitifs de l'exploitatton que les accidents devinrent plus fréquents, mais alors il n'était plus temps de faire de l'opposition aux chemins de fer dont la situation était devenue inexpugnable. Il est certain que peu de progrès ont eu un développement aussi rapide que les chemins de fer et qu'aucun n'a donné un aussi complet démenti aux prédictions défavorables émises à leur début.

Nous croyons pouvoir ajouter quelques observations à l'article ci-dessus du *Railway Engineer*. Il n'y a rien de paradoxal à avancer que, dès l'origine, les chemins de fer ont donné la mesure de ce qu'on pouvait en attendre un jour. Sans déprécier les immenses progrès accomplis depuis cinquante ans, on peut dire que les merveilleuses qualités de vitesse et de puissance de traction des locomotives étaient établies virtuellement depuis longtemps et n'attendaient pour se mettre en pleine lumière que le moment où l'exploitation pourrait les utiliser. On sait qu'à l'inauguration du chemin de fer de Liverpool à Manchester, le corps mutilé de la première victime peut-être du nouveau mode de transport, l'homme d'Etat Huskisson, fut rapporté à une vitesse de 60 *km* à l'heure. Le *Railway Magazine*, d'Herapath, fourmille de faits curieux sous ce rapport. En janvier 1836, avant l'ouverture au public du chemin de fer de Greenwich, on fit des trains d'essai à une vitesse considérable; un d'eux, composé de sept voitures, marcha à 60 milles, 96 *km* à l'heure. Il y avait des dames qui, d'après un témoin oculaire, goûtèrent fort cette façon d'aller *(were highly delighted)*, on n'éprouvait aucune sensation désagréable.

Le même journal rapporte que le 8 juillet 1837 la machine *Atlas* remorqua sur le chemin de fer de Newcastle à Carlisle un train de 100 wagons chargés de houille et de coke pesant environ 450 *t* (anglaises) et long de près de 500 *m*. La distance de Milton à Carlisle, soit 17 300 *m*, fut franchie en trois quarts d'heure, ce qui donne une vitesse de 23 *km* à l'heure; c'est, dit le journal, la plus forte charge encore traînée par une locomotive sur un chemin de fer. L'effort de traction, même en supposant la ligne absolument de niveau, ne pouvait être inférieur à 1 600 *kg* surtout avec le matériel grossier de l'époque et le travail correspondant à moins de 150 *ch*, ce qui était assurément un résultat satisfaisant pour une machine dont le poids ne devait pas atteindre 15 *t* et la surface de chauffe 60 m^2. Il est vrai que les chaudières à tubes courts de ces machines produisaient relativement beaucoup et avaient un tirage très énergique produit par de la vapeur sortant des cylindres presque sans être détendue. Pambour estime la vaporisation des locomotives en 1835 à 0, 20 pied cube par pied carré de surface de chauffe, ce qui fait sensiblement 60 *kg* par mètre carré.

Si, dès leurs débuts, les locomotives faisaient voir ce qu'on pouvait en attendre au point de vue de la puissance et de la vitesse, les chemins de fer montraient tout de suite de leur côté quels étaient les résultats financiers qu'on était en droit d'en espérer. Pendant les six premiers mois de l'ouverture à l'exploitation, le chemin de fer de Liverpool à Manchester eut, *pour les voyageurs seuls*, une recette correspondant à 45 000 *f* environ par kilomètre et par an; les dépenses totales de construction s'étant élevées à 370 000 *f* par kilomètre, on voit qu'en supposant *grosso modo* une exploitation à 50 0/0, ce qui est très admissible

avec les moyens simples et primitifs de l'époque, le produit seul des voyageurs représentait un rendement de 6 0/0 du capital.

Nous terminerons cette note par quelques renseignements intéressants extraits des publications de M. Clément E. Stretton, ingénieur qui s'est fait une spécialité de la recherche de documents techniques relatifs à l'histoire des chemins de fer anglais.

Le chemin de fer de Leicester à Swannington, qui fait depuis 1870 partie du réseau du Midland Ry, fut construit en 1831 et 1832; il était à l'écartement de 4 P 8 1/2 p. l'écartement normal aujourd'hui et on raconte à ce sujet que George Stephenson consulté en même temps sur les écartements de voie à donner à deux chemins de fer à construire, celui de Leicester à Swannington et celui de Canterbury à Whitstable distants de plus de 200 *km*, fit cette réponse prophétique : « Donnez le même écartement à tous les deux; bien qu'ils ne soient pas voisins, ils se rejoindront certainement tôt ou tard. »

L'inauguration de cette ligne eut lieu le 17 juillet 1832 et fut faite par un train formé de wagons à houille neufs sur lesquels on avait mis des planches et traîné par une locomotive conduite par George Stephenson lui-même. Un témoin oculaire rapporte que, regardant avec sa sœur de leur jardin les préparatifs de départ de Leicester du train en question, il fut appelé par un des ingénieurs qu'il connaissait et invité à prendre place dans les wagons peu confortables dont il vient d'être question, déjà occupés par une nombreuse assistance dont beaucoup de dames en fraîches toilettes.

On partit et tout alla bien jusqu'au milieu d'un tunnel où on entendit un choc suivi de l'arrêt du train. Celui-ci stationna quelques minutes au milieu d'une fumée peu agréable et mal odorante, puis il repartit. Quand on fut au jour, on s'aperçut d'un changement dans l'aspect des voyageurs; les chapeaux, les voiles et les robes des dames, ainsi que les figures et les plastrons des messieurs étaient entièrement mouchetés de noir. Heureusement la ligne croisait un ruisseau; le train s'arrêta complaisamment et les messieurs descendirent pour se laver les mains et le visage en se servant de leurs mouchoirs comme de serviettes.

Les accidents survenus aux toilettes des dames étaient malheureusement moins faciles à réparer. Le reste du voyage s'effectua sans encombre. Voici ce qui était arrivé : la cheminée de la machine s'était rompue dans le tunnel par rencontre avec un obstacle qu'on prétendit d'abord être un cintre oublié après l'achèvement; cette explication qui eût fait peu d'honneur à la vigilance de l'administration était infirmée du fait que quelques jours avant la même locomotive avait traversé le tunnel avec un train de ballast. La vérité était qu'on avait remanié tout dernièrement la voie dans le tunnel et qu'on l'avait relevée à un endroit de telle façon qu'il ne restait plus assez de place sous la voûte pour le passage de la cheminée.

Lors de l'ouverture au service du chemin de fer de Leicester à Swannington, il n'y avait qu'une classe; on payait à raison de 1 1/4 d, par mille, ce qui correspond à un peu moins de 0, 08 *f* par kilomètre. Les tickets, délivrés aux stations, étaient des jetons en laiton de forme octogonale que le conducteur recueillait en route et mettait dans une

sacoche en cuir qu'il portait et qui contenait autant de compartiments (8) qu'il y avait de stations. Ces jetons restèrent en usage pour les wagons découverts jusqu'en 1846.

Peu après l'ouverture, on s'aperçut qu'une classe unique était insuffisante et on fit construire une voiture de première classe à trois compartiments qui pesait 2 600 *kg* environ. On pouvait retenir sa place plusieurs jours à l'avance, et, bien que cet usage ait disparu depuis longtemps, la trace en est restée dans le nom que portent encore en Angleterre les bureaux de distribution des billets, *booking office*, ce qui signifie littéralement : bureau d'inscription.

Comme il n'y avait à l'origine qu'une locomotive, la *Comet*, il n'y avait pas de danger de collision, mais bientôt on dut doubler les trains, et, pour éviter toutes chances de rencontre dans le tunnel, les trains se suivant à un intervalle de 15 minutes, on se servait d'un sablier de même durée, qu'un surveillant, généralement la femme d'un cantonnier, tenait à l'entrée du tunnel. On retournait le sablier au passage du train, et, si un autre se présentait avant l'écoulement total du sable, on le retenait au moyen d'un signal fait par un drapeau ou une lanterne jusqu'à l'expiration des 15 minutes.

C'est sur la même ligne qu'en 1833 la machine *Samson* tamponna une voiture, accident qui donna lieu à l'introduction du sifflet ainsi que nous l'avons raconté dans notre Chronique de janvier 1893. Cette machine, *Samson*, ainsi qu'une autre, *Goliath*, étaient à quatre roues comme la première appelée *Comet ;* elle pesait 10 1/2 *t* et on trouvait qu'elle éprouvait, à une certaine vitesse, des oscillations gênantes et dangereuses pour la voie. G. Stephenson eut l'idée de placer à l'arrière du foyer un troisième essieu. On envoya de Newcastle les roues montées, les boites à graisse et plaques de garde nécessaires, et ces pièces furent installées à Leicester sur les machines par les ouvriers de la Compagnie.

Ceci se passait à la fin de 1833 ; ce furent les premières machines à six roues (1) ; l'écartement total des essieux était de 9 pieds (2,75 *m*). Georges Stephenson, après un trajet fait sur le *Samson* ainsi transformé, se promit de ne plus faire que des locomotives à six roues et fit modifier dans ce sens toutes les locomotives fournies par lui au chemin de fer de Liverpool à Manchester. La question n'a pas du reste été complètement tranchée à cette époque, et des constructeurs éminents, tels que Bury, ont longtemps défendu les machines à quatre roues. Il a fallu l'accident du 8 mai 1842 pour les faire disparaître en France, et on sait que, malgré cela, des lignes importantes en ont conservé à l'étranger l'emploi jusque dans ces derniers temps.

Les clapets de pompes. — Ces organes importants des machines ont fait l'objet d'une communication récente de M. W. E. Lilley, devant l'*Institute of Marine Engineers*.

L'auteur fait d'abord observer que, si la question paraît à première vue d'un ordre secondaire, elle n'en mérite pas moins toute l'attention des

(1) Il s'agit évidemment des machines à voyageurs à roues inégales seulement, car on signale l'existence de machines à six roues couplées entre 1826 et 1830, dont quelques-unes construites par Stephenson.

mécaniciens, parce que c'est bien plus par le perfectionnement des détails que par des changements radicaux dans les types qu'on arrive aux meilleurs rendements dans les appareils mécaniques. Les pompes à air font partie intégrante de toutes les machines à condensation, et, comme elles exigent un assez grand travail pour leur fonctionnement, il est naturel de chercher à réduire ce travail par tous les moyens possibles et, pour y arriver, il est surtout nécessaire d'étudier avec le plus grand soin les clapets qui jouent un grand rôle dans le rendement de ces appareils. Pour déterminer la meilleure disposition à leur donner, il faut commencer par se rendre compte des conditions dans lesquelles ils fonctionnent.

L'auteur divise d'abord les pompes à mouvement alternatif (les seules dont il s'occupe ici) en : 1° pompes à plongeur, telles que les pompes alimentaires ; 2° pompes à piston plein à double effet, telles que les pompes à vapeur à action directe et certaines pompes de circulation et 3° les pompes à piston portant des clapets, forme généralement employée pour les pompes à air et les pompes de circulation.

Les conditions générales à remplir par les pompes peuvent se résumer comme suit : avoir un bon rendement dans des conditions différentes de vitesse et de travail ; fonctionner sans chocs et sans bruit, si possible, et demander peu d'entretien. On supposera dans ce qui suit qu'il s'agit toujours de pomper de l'eau.

On sait que la vitesse d'une pompe dans un temps donné est égale à la course multipliée par le nombre de coups donnés dans ce temps. C'est la vitesse moyenne si le piston est relié à un arbre animé d'un mouvement de rotation continu. La vitesse, à chaque instant, varie de zéro aux fins de course à un maximum au milieu de la course, ou à peu près, et ce maximum peut être estimé approximativement à une fois et demie la vitesse moyenne (exactement $\frac{3,14}{2} = 1,57$ pour une bielle infinie).

Si les soupapes n'exigeaient aucun effort pour se soulever, dès le début de la course, l'eau pénétrerait dans le corps de pompe en vertu de la différence de niveau ou de pression qui existe entre l'extérieur et ce corps de pompe ; de même, au retour du piston, l'eau sortirait en vertu d'une différence analogue, mais de sens inverse. Le volume d'eau correspondant au déplacement du piston est donc mis en mouvement dans deux directions à chaque tour ou double course. Si les clapets sont à une certaine distance du corps de pompe, l'eau qui se trouve dans les conduits de communication se trouve également mise en mouvement et cela sans aucune utilité. Il est donc désirable de supprimer ces espaces et de rapprocher le plus possible les clapets des positions extrêmes du piston. Ceci s'applique à tous les genres de pompes agissant sur un fluide incompressible, comme l'eau ; mais, pour les pompes agissant sur de l'eau chaude, il y a encore une considération qui doit engager à réduire les espaces nuisibles des pompes, c'est la production de vapeur qui s'y fait et qui diminue le rendement dans une proportion importante.

La position des clapets peut varier sans grand inconvénient selon la disposition des appareils. Cependant, il est préférable de les placer de manière que leur poids tende à les appuyer sur leur siège. On a fait

très fréquemment des pompes à plongeur, dont le corps a un volume beaucoup plus considérable que celui du plongeur: cela permet d'éviter l'inconvénient d'avoir un volume d'eau en mouvement alternatif dans un conduit, et est commandé par l'installation des clapets, mais c'est désavantageux si on agit sur de l'eau chaude, lorsqu'il y a une différence de pression appréciable entre le corps de pompe et la capacité d'où vient l'eau, parce qu'il se forme de la vapeur et que le rendement de l'appareil s'en trouve réduit plus ou moins.

Dans les pompes à mouvement alternatif, la mise en mouvement de l'eau dans deux directions opposées constitue toujours une objection contre une vitesse un peu considérable. La différence de pression entre le corps de pompe et l'extérieur s'accroit avec la vitesse du piston; on peut estimer qu'elle s'accroit comme le carré de cette dernière. L'inertie de l'eau fait que pour la mettre en mouvement il faut cet excès de pression exercé pendant un laps de temps très court, si l'on veut, mais matériel. On peut supposer que, si on augmente continuellement la vitesse du piston, il arrivera une valeur de celle-ci avec laquelle le corps de pompe ne se remplira plus que partiellement, l'eau n'ayant plus assez de vitesse pour suivre le piston. Qu'arrivera-t-il? le corps de pompe se trouvant à moitié plein, au retour le piston rencontre l'eau au moment où il sera animé de sa plus grande vitesse et l'eau devra prendre instantanément cette même vitesse; il en résultera nécessairement un choc plus ou moins violent, et c'est ce genre de difficulté qui limite la vitesse de fonctionnement des pompes.

Les pompes qui portent des clapets dans le piston ont sous ce rapport un grand avantage sur les pompes à plongeur ou à piston plein. En effet, la direction du mouvement de l'eau ne change pas et la différence de pression se réduit à ce qui correspond au passage de l'eau à travers les clapets. Supposons qu'une pompe de ce genre se trouve dans le cas que nous venons de signaler, c'est-à-dire que le corps ne soit plein qu'à moitié; lorsque le piston viendra à rencontrer l'eau, il n'agira que sur la surface, et n'aura pas à mettre en mouvement le volume entier. Ce système de pompes ne perd donc point sous ce rapport de son efficacité à des vitesses considérables.

Ces conditions générales de fonctionnement étant posées, l'auteur arrive à l'examen des dispositions à donner aux clapets. La section de passage doit naturellement être aussi large que possible. Différents auteurs conseillent une vitesse de 2 à 3 *m* par seconde qui correspond à 0,07 à 0,15 *kg* par centimètre carré de différence de pression entre les deux côtés des clapets. Pour déterminer la section de passage à travers les sièges des clapets, il faut tenir compte de diverses considérations; pour faire entrer l'eau dans le corps de pompe, on doit dépenser un certain travail pour lui donner la vitesse nécessaire, et ce travail varie comme le carré de la vitesse. Si le nombre de tours était constant, ce travail devrait être dépensé toujours dans le même temps; il en résulte que la différence de pression entre les deux côtés du clapet variera avec le carré de la vitesse. On en conclut que, dans les pompes marchant vite, la section du passage doit être aussi grande que possible. La section circulaire de passage entre le clapet levé et le siège doit être

égale à la section de passage du siège; c'est une chose évidente par elle-même et cependant dont on ne tient pas toujours assez compte dans la pratique où on rencontre souvent des clapets à levée insuffisante. Dans ce cas, il est inutile de faire les clapets très grands, puisque le passage réel est réduit au passage circulaire.

Les clapets doivent être aussi légers que possible. En effet, si on suppose le piston à fin de course, le clapet de refoulement fermé, ainsi que celui d'aspiration, il faut, pour ouvrir ce dernier, un certain effort et une certaine portion de la course du piston s'effectuera jusqu'à ce qu'il se produise une différence de pression suffisante pour vaincre le poids du clapet; il y a donc intérêt à réduire ce poids; mais, de plus, la levée, une fois commencée, s'effectuera avec une vitesse de plus en plus grande jusqu'à ce qu'elle soit réduite à zéro par la rencontre d'un arrêt avec lequel il se produira un choc. Ce choc sera proportionnel en intensité au poids du clapet et au carré de la vitesse.

Les choses se passeront de même à la descente du piston pour la rencontre du clapet avec son siège, mais le choc sera plus fort par suite de la pression exercée par le piston sur l'eau pour la pousser à travers le clapet de refoulement. Si donc, le clapet est pesant, ces chocs seront plus forts et amèneront une mise hors de service plus rapide des pièces.

On doit, avons-nous dit, donner aux clapets une levée suffisante pour obtenir la section de passage nécessaire, mais il n'en est pas moins vrai que cette levée doit être aussi réduite que possible, car l'intensité du choc qui s'exerce entre le clapet et son siège ou sa buttée, est d'autant plus grande que la levée est plus considérable. La rapidité de l'ouverture complète du passage est aussi d'autant plus grande que la levée est plus faible.

La section de l'ouverture du siège varie comme le carré du diamètre, tandis que la circonférence ne varie que comme le diamètre. Si donc on double le diamètre, il faut aussi doubler la levée. L'observation de ces conditions doit servir de guide pour l'étude des formes de clapets. On ne manque pas d'ailleurs, aujourd'hui, de bonnes dispositions parmi lesquelles on peut faire un choix suivant le but qu'on se propose et les conditions de fonctionnement des pompes.

Aux débuts de la machine à vapeur, on employa le cuir pour les clapets, lesquels avaient la forme d'espèces de portes. On fit ensuite ces clapets en métal, en leur conservant la même forme, mais en les munissant d'une véritable charnière, pour remplacer la flexibilité du cuir. Ces clapets fonctionnaient très bien avec les faibles pressions et les vitesses modérées en usage à l'époque.

Le caoutchouc vint ensuite, et, tant que les pompes n'eurent pas à vaincre une trop grande charge et que les clapets ne furent pas exposés au contact de l'huile, on eut de bons résultats; encore aujourd'hui on s'en sert pour les pompes de circulation et usages analogues. Les essais tentés jusqu'ici pour rendre le caoutchouc inattaquable à l'huile ne paraissent pas avoir réussi.

La vulcanite ou caoutchouc durci, la fibre vulcanisée, l'amiante, le métal sous différentes formes, le bronze phosphoreux laminé en feuilles minces, etc., ont été employés avec plus ou moins de succès pour faire

des clapets à la fois plus légers et plus résistants à mesure que les pressions et les vitesses de fonctionnement augmentaient.

L'auteur termine par la description d'un certain nombre de clapets en usage actuellement, description qui n'aurait pas d'intérêt sans le secours des figures qui accompagnent le mémoire.

Nous croyons suffisant d'avoir indiqué les principes généraux qui régissent le fonctionnement de ces organes indispensables d'appareils d'un usage journalier.

Une réparation de machine à vapeur. — Nous trouvons dans l'*Indian Engineering* la description d'une ingénieuse réparation faite à une machine à vapeur. Il s'agissait d'une machine d'épuisement système Davey installée à la mine de Kurhurbaree, appartenant à l'East India Railway.

Cette machine a deux cylindres à vapeur horizontaux en prolongement l'un de l'autre, le premier de 0,86 *m*, le second de 1,44 *m* de diamètre, avec 2,70 *m* de course, actionnant un double balancier d'équerre commandant des pompes placées dans le puits ; la machine, à 10 coups par minute, élevait dans le même temps 5500 *l* à 130 *m* de hauteur, ce qui représente un travail utile de 160 *ch* en nombres ronds ; c'est donc une assez forte machine. Les maîtresses tiges, en bois de sapin, ont 0,30 *m* de côté, et les plongeurs des pompes 0,375 de diamètre.

Le 8 août dernier, une de ces tiges se rompit. et, l'équilibre n'existant plus, le poids de l'autre attirail, évalué à 10 *t*, entraina les pistons à vapeur ; il en résulta la rupture en huit morceaux du plateau du cylindre à basse pression. Le régulateur existant sur la machine et destiné à prévenir les avaries, en cas d'un accident de ce genre, n'avait pas fonctionné parce que le mécanicien indigène avait laissé la *cataracte* manquer d'eau.

Il était impossible de réparer le plateau, il n'y en avait pas de rechange et en faire fondre un dans la localité la plus proche munie d'une fonderie aurait entrainé des délais pendant lesquels l'eau, arrivant à raison de 5500 *l* par minute, aurait entièrement noyé la mine. Il y avait donc une urgence absolue à remettre la machine en fonction.

On a vu que le cylindre à basse pression avait 1,44 *m* de diamètre. On fit un plateau en bois de teck composé de six pièces de 0,305 × 0,150 *m* de section, assemblées par quatre boulons de 25 *mm* de diamètre, avec les joints garnis de mastic de plomb. Le panneau ainsi formé avait 1,80 *m* de diamètre et fut raidi par deux traverses de 0,150 × 0,125 *m* de section, également en bois de teck et fixées par des boulons de 25 ; les têtes de ces boulons portaient sur des plates-bandes en fer de 80 *mm* de largeur sur 12 d'épaisseur. Les boulons d'assemblage du plateau avec le cylindre portaient également sur un cercle en fer plat de 80 de largeur sur 12 d'épaisseur.

On avait pu utiliser le presse-étoupes du plateau brisé, et on l'avait fixé au plateau en bois par des brides et des boulons.

Le plateau ainsi constitué fut fait et mis en place avant même que la réparation de la maitresse-tige cassée fût achevée, de sorte que le remplacement de ce plateau n'a pas fait perdre de temps en réalité. La machine a pu être remise en marche quatre-vingt-dix heures après l'accident.

Le fonctionnement n'a été interrompu ni jour ni nuit depuis le 11 août, et il n'y a eu aucune trace de fuite dans la partie réparée ; on a fait faire un nouveau plateau, mais on ne devait le mettre en place qu'après la saison des pluies, c'est-à-dire vers la fin de novembre.

La force du vent. — Les anciennes tables de Smeaton donnaient, pour la plus grande vitesse d'un vent qualifié de cyclone, 100 milles à l'heure, donnant une pression de 50 livres par pied carré, ce qui, en mesures métriques, correspond à 45 *m* par seconde et 240 *kg* par mètre carré.

Il est certain que dans les cyclones proprement dits les chiffres s'élèvent beaucoup plus haut, à en juger par les effets produits.

On sait que quelques personnes ont attribué à un cyclone local la chute du pont de Jeffersonville, dont nous avons parlé dans notre Chronique de janvier 1894.

Il y a dix ou douze ans, à Saint-Louis, une locomotive a été enlevée des rails et déposée à côté de la voie ; il n'y avait pas eu renversement, mais simple soulèvement.

Il y a quelques semaines, sur la ligne du Missouri-Pacific, un train fut atteint par un cyclone qui le fit dérailler, mais le dernier wagon fut enlevé des rails et transporté sans renversement à une dizaine de mètres de la ligne. Le cyclone avait environ 12 *m* de largeur et il suivit un moment la voie en produisant cet effet curieux de détruire la clôture d'un côté en respectant l'autre clôture ; il enleva des arbres et des maisons.

Le wagon dont nous venons de parler pesait 400 *kg* par mètre carré de plancher, de sorte qu'avec le chargement, on arrive à un chiffre à peu près double des 240 *kg* de Smeaton. La vitesse d'un vent capable de produire de tels effets dépasserait donc considérablement les 161 *km* à l'heure ou 45 *m* par seconde indiqués par le même auteur comme la plus grande vitesse du vent.

Ferrel, dans son *Traité populaire sur le vent*, déduit de considérations théoriques une vitesse triple, soit 500 *km* à l'heure ou 139 *m* par seconde pour la vitesse que peut atteindre un cyclone et 1440 *kg* par mètre carré pour la pression correspondante.

Le Bureau du Génie de l'Armée des États-Unis, dans son rapport sur les plus grandes portées admissibles pour les ponts, considère que les cyclones peuvent exceptionnellement acquérir une puissance capable de détruire toutes les constructions élevées par la main de l'homme, mais que ces phénomènes, comme les tremblements de terre, sont heureusement assez peu fréquents pour qu'il ne soit pas nécessaire d'en tenir compte dans le calcul des ouvrages, ce qui conduirait d'ailleurs à des dimensions à peu près impossibles à réaliser. Le même Bureau émet le vœu qu'il soit, en dehors de ces cas extrêmes, fait des relevés pour arriver à obtenir des chiffres plus satisfaisants que les anciennes données sur les vents d'une fréquence et d'une violence ordinaires.

La navigation fluviale en Russie. — D'après les documents officiels, on évalue à 20 millions de tonnes le trafic moyen annuel pour les dernières années des principaux cours d'eau de la Russie d'Europe ;

mais ces chiffres, par suite du peu de soin avec lequel le contrôle est fait, sont loin d'être exacts; ils ne représentent peut-être que la moitié du trafic réel.

Comme les chemins de fer transportent actuellement 50 millions de tonnes par an, on voit que la navigation joue un rôle très important relativement.

La Russie d'Europe a environ 55 000 *km* de voies intérieures navigables, fleuves, rivières et canaux; c'est plus que tout le reste de l'Europe (France, Allemagne, Autriche, Angleterre, Belgique, Hollande et Suède) qui n'en compte que 45 000.

La Russie possède 1 300 vapeurs de rivière d'un tonnage total de 83 000 *t.* L'Allemagne n'en possède que 570 et l'Autriche 193. Il y a en outre en Russie 21 000 bateaux de rivière d'un tonnage total de 6 millions de tonnes.

L'Allemagne n'a que 18 000 bateaux de 1 300 000 *t* et la Compagnie de navigation du Danube, en Autriche, 750 de 200 000 *t.* On peut estimer que la marine fluviale de la Russie est le double de celle de toute la marine fluviale réunie du reste de l'Europe.

Le nombre de tonnes transportées à un kilomètre sur les voies navigables de la Russie durant le dernier semestre est supérieur au chiffre correspondant transporté par les chemins de fer russes pendant l'année entière; le dernier chiffre était pour 1890 de 12 1/2 milliards de tonnes-kilomètre.

Le trafic total des voies navigables de la Russie (20 à 40 millions de tonnes) ne peut se comparer qu'avec celui des États-Unis qui atteint 60 millions de tonnes.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Octobre 1894

Étude comparative des résultats fournis et des dépenses occasionnées pour le **chauffage des appartements par les poêles mobiles** utilisant, les uns, la combustion lente et continue de l'anthracite, les autres, la combustion vive et intermittente du gaz, par M. Aimé Girard.

Cette étude, dont l'utilité n'échappera à personne, a été faite pendant deux hivers consécutifs (1891-92 et 1892-93) par la comparaison de deux pièces du même appartement chauffées, l'une, par un poêle mobile à anthracite, l'autre, par un poêle à gaz. La première pièce cubait 72 m^3, la seconde 100 m^3 environ. Les constatations portaient sur les températures extérieure et intérieure et sur les consommations d'anthracite et de gaz. Pour le premier hiver la dépense a été de 63 *f* pour l'anthracite et de 59,10 *f* pour le gaz, soit pour 136 jours, 0,47 et 0,44 *f* par jour.

Pour le second hiver, la différence est un peu plus considérable ; la dépense pour 91 jours a été de 45 *f* pour l'anthracite et de 37,40 *f* pour le gaz, soit 0,49 et 0,41 *f* par jour.

On peut donc conclure de cette étude qu'à côté d'une plus grande sécurité donnée par l'absence d'oxyde de carbone dans les produits de la combustion, le gaz donne un chauffage moins coûteux que l'anthracite,

Notice nécrologique sur **Paul Lemonnier**, par M. A. Brull.

Nous renverrons à ce sujet à la notice publiée par M. Brüll dans le Bulletin de décembre 1894 de notre Société, page 885.

La mécanique générale à l'Exposition de Chicago, par M. G. Richard *(suite)*.

Cette partie de l'important travail de notre collègue M. Richard est consacrée aux moulins à vent et aux moteurs hydrauliques.

Les moulins à vent sont très employés aux États-Unis où ils servent principalement à l'élévation de l'eau pour les usages domestiques et les petites distributions. On en compte des centaines de mille. On trouvera dans la note dont nous nous occupons la description d'un grand nombre de ces appareils avec dessins, dimensions, prix, etc.

Les moteurs hydrauliques comprennent les turbines et les roues. Les États-Unis sont par excellence, comme le dit M. Richard, le pays des turbines. Elles y produisent une puissance d'au moins 1 200 000 *ch*, c'est-à-dire plus que celle produite par toutes les machines à vapeur

fixes de la France. La note contient la description d'un grand nombre de types de turbines et un chapitre est consacré aux moyens de régularisation.

Parmi les roues hydrauliques, la plus intéressante est la roue Pelton, assez récente, mais déjà extrêmement répandue ; elle utilise des chutes de 10 à 600 *m* depuis le petit moteur d'un vingtième de cheval jusqu'à la roue de 5 000 *ch*. Le rendement qui atteint 0,80 à 0,87 justifie, avec la simplicité de l'appareil, ce grand nombre d'applications. L'eau est amenée à ces roues par des tuyaux en tôle d'acier très légers et très résistants. On y fait travailler le métal à 10 et 12 *kg* par millimètre carré. Avec la précaution de les tremper dans un mélange bouillant de bitume et de goudron, ces tuyaux résistent à la corrosion aussi bien et mieux que la fonte.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSEES

Novembre 1894

Notice biographique sur **M. Michaud**, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, ancien directeur général des travaux publics de la Régence de Tunis, par M. Delocre, Inspecteur général des Ponts et Chaussées.

Des naufrages et échouements et de quelques règles relatives aux **abordages**, au point de vue du service des Ponts et Chaussées, par M. Charguerand, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Le but de cette note est d'examiner certaines questions relatives aux naufrages et échouements dans les régions des eaux maritimes où le service des ponts et chaussées est chargé d'assurer la liberté de la circulation. Il se présente souvent des difficultés et des points délicats pour lesquels chaque service a adopté des solutions différentes en raison de l'absence d'instructions précises.

Cette note comprend deux sections, l'une relative aux naufrages et échouements, l'autre aux abordages. La première section est elle-même divisée en trois parties: dans la première, l'auteur indique les textes qui règlent les rapports de la puissance publique avec les particuliers; dans la seconde, il formule les principes qui, d'après lui, doivent régler l'étendue des attributions des diverses administrations; enfin, dans la troisième, il étudie diverses règles du droit maritime et du droit administratif dans leur application aux cas qui nécessitent l'intervention du département des Travaux publics.

La seconde section, celle qui est relative aux abordages, présente un intérêt particulier en ce que les services maritimes possèdent actuellement, pour les travaux d'entretien des ports, un matériel naval assez important et notamment des dragues, qui sont de véritables navires. Des difficultés se sont élevées au point de vue de la procédure à suivre

en cas de collision de ces bateaux avec les navires de commerce. L'auteur indique la manière de les trancher suivant les cas qui se présentent et notamment suivant que le bateau appartenant à l'État se trouve l'abordeur ou l'abordé.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Octobre 1894

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 16 octobre.

Visite au **tissage mécanique de MM. Forest et Cie.**

Nous avons donné la description de l'installation électrique très remarquable de cette usine dans nos chroniques de juillet et août 1894.

Nous nous bornerons à signaler quelques points de la présente note, tels que le *compas dynamométrique* de MM. Piguet et Cie, de Lyon, qui indique automatiquement la puissance développée par le moteur en fonction de la pression de la vapeur, de l'admission au cylindre, et du nombre de tours par minute. Cet appareil, dont il nous est malheureusement impossible de donner une idée sans l'aide de figures, est fort ingénieux et relativement simple. La note donne également des détails sur le chauffage et la ventilation des ateliers ; le chauffage est fait à la vapeur par le système des Forges d'Audincourt, à tuyaux en fer, et la ventilation par des cours intérieures partant du sous-sol et s'élevant jusqu'à la hauteur de la toiture, formant ainsi de grandes cheminées d'appel.

La réunion a visité également la manufacture française d'armes de MM. Mimard et Blachon.

Cette fabrique possède des transmissions électriques entre le moteur et les outils. La force motrice est fournie par deux chaudières semi-tubulaires de 100 m^2 de surface de chauffe chacune et deux machines Willans de 80 *ch* chacune donnant 460 tours par minute. Ces machines actionnent trois dynamos à courant continu, système Thury, lesquelles commandent à leur tour des moteurs électriques, des ascenseurs électriques, etc. Un appareil qui ne doit pas être oublié est le régulateur automatique Thury qui corrige les petites variations de vitesse qui pourraient se produire par suite de la mise en marche simultanée d'un certain nombre d'outils.

Ces visites ont été suivies de conférences dans lesquelles des explications ont été données sur la construction et diverses particularités des usines que nous venons de mentionner.

NOVEMBRE 1894

RÉUNION DE SAINT-ÉTIENNE

Séance du 3 novembre.

Communication de M. MARTIN sur la **mine préhistorique de l'Aramô.**

Cette mine, située dans les Asturies, remonte à l'âge de bronze et est encore telle qu'elle a été surprise, il y a trente siècles, par un cataclysme ou par une invasion ennemie. On y a retrouvé les squelettes des ouvriers dans la position de travail avec leurs outils en corne et pierre polie. On comprend difficilement comment ils pouvaient venir, avec des moyens aussi élémentaires, à bout d'un sol dans lequel, avec les meilleurs burins et la dynamite, une galerie n'avance pas de 5 *m* par mois. Le minerai est de l'oxyde de cuivre et de cobalt.

Cette mine est d'une grande richesse; son importance au point de vue de la production du cobalt est considérable; on va y installer le traitement par le procédé Schoeneiss, dont l'installation sera facilitée par la possibilité d'obtenir au bas de l'Aramô une force hydraulique de 1 000 *ch*. Le cobalt, outre l'emploi de ses sels comme couleurs, a, à l'état métallique, des applications soit dans les alliages, soit dans des revêtements pour lesquels le cobalt a l'avantage de présenter un plus beau gris d'acier et d'avoir des sels moins vénéneux que ceux d'autres métaux.

Communication de M. RATEAU sur **l'évite-molettes Stephen Humble.**

Cet appareil est une solution simple et très ingénieuse du problème qui consiste à séparer la cage du câble lorsqu'elle dépasse accidentellement le point d'arrêt supérieur.

Gisements de minerais de fer situés sur les côtes de la Méditerranée. (Extrait de *Colliery Guardian.)*

Cet article énumère les ressources que présentent en minerai de fer les gisements situés sur les côtes d'Espagne, d'Algérie, de Tunisie, l'île d'Elbe et certaines îles de l'Archipel. La conclusion est que les côtes de la Méditerranée, surtout celles de l'Espagne et de l'Algérie, peuvent satisfaire pendant de longues années à tous les besoins de la métallurgie de l'Europe occidentale.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

BULLETIN DE NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1894

Association alsacienne de propriétaires d'appareils à vapeur. Essais de deux appareils fumivores.

Ces appareils sont, l'un du système Howatson, l'autre du système Bagge. Ils sont basés sur le même principe, l'augmentation, pendant

les premiers moments qui suivent chaque charge, de la quantité d'air fournie à la combustion. Cette arrivée d'air supplémentaire s'ouvre automatiquement au moment même où le chauffeur referme la porte du foyer, et se ferme après un certain temps qui dépend de l'écoulement, par un orifice étroit, d'un liquide, savoir, de mercure pour l'appareil Howatson, et d'huile dans le système Bagge.

Disons en passant que, à part les détails, les deux systèmes paraissent présenter une grande analogie avec le système Prideaux, oublié aujourd'hui, mais qui eut un certain succès en Angleterre, il y a une quarantaine d'années et dans lequel l'agent régulateur était de l'eau refoulée dans un cylindre par le fait de l'ouverture de la porte.

Les essais des appareils ont été faits sur des chaudières à trois bouilleurs de 40 m^2 de surface de chauffe pourvus de réchauffeurs Green, de l'établissement de MM. Schœffer et C^ie^. Le premier appareil a donné des résultats franchement défavorables; le second a atténué sensiblement la fumée produite et donné une véritable économie de combustible.

Des tableaux indiquent les circonstances, données et résultats d'expériences faites sans appareil fumivore et avec chacun des deux appareils. L'appareil Bagge a donné un rendement moyen de 0,749 contre 0,642 pour la chaudière sans appareil fumivore; l'appareil Howatson a donné un peu moins, soit 0,638 seulement.

La différence considérable entre les rendements des deux appareils tient probablement au mode d'arrivée de l'air; dans le système Howatson, l'air arrive par devant, tandis que, dans l'autre, il est introduit derrière l'autel et qu'en cet endroit des chicanes sont disposées pour opérer un brassage des gaz.

Note sur le **bleu dianisidine** sur rouge paranitraniline, par MM. Bloch et Schwartz.

Sur **quelques composés aluminiques**, par M. Schlumberger.

Rapport sur la **marche de l'École supérieure de Chimie**, pendant l'année 1893-94, par M. Schæffer.

L'École a été fréquentée par soixante-trois élèves, y compris les manipulateurs, dont dix-sept Alsaciens. Sur dix-sept élèves de troisième année, sept ont obtenu le diplôme et six ont passé le doctorat à l'Université de Bâle. Les recettes se sont élevées à 56 605 marcs dont 15 000 de subventions de la ville de Mulhouse et de la Société industrielle; les dépenses ont été de la même quantité, sur lesquelles 28 000 marcs pour les traitements, 25 000 pour le matériel et les frais de cours et le solde pour l'entretien des bâtiments et du mobilier fixe.

L'agrandissement de l'École étant indispensable, il a été ouvert une souscription qui a donné 92 000 *f* dont 74 000 provenant d'industriels et 18 000 donnés comme subvention par le gouvernement d'Alsace-Lorraine.

Rapport sur la **marche des cours de figure et d'ornement** et la section d'art industriel de l'École de dessin de la Société industrielle, par M. Aug. Haensler.

Rapport sur la **marche des cours de dessin linéaire**, par M. A. DE GLEHN.

Le nombre des élèves est actuellement de cent soixante-treize répartis en deux divisions et, à en juger par les demandes d'admission inscrites, il atteindra cent quatre-vingt-cinq à cent quatre-vingt-dix au commencement de 1895. La marche de l'École doit être considérée comme satisfaisante.

Rapport sur la **marche de l'École d'art professionnel de jeunes filles** pour 1892-93, par M. ED. DOLLFUS.

L'École a été fréquentée dans l'année 1893-94 par quarante-six jeunes filles dont trente-sept ont suivi tous les cours et neuf la comptabilité seulement. Les dépenses ont été de 12 329 *f*. L'année 1894-95 a commencé avec trente-sept élèves seulement dont sept ne suivent que le cours de comptabilité.

Rapport de M. C. de LACROIX sur la **marche de l'École de filature et tissage** en 1893-94.

Le chiffre total des élèves s'est élevé pendant cet exercice à quarante-cinq dont vingt-deux Alsaciens, deux vieux-Allemands, sept Français, et quatorze de nationalités diverses. Si on ne peut espérer que l'École gagne jamais assez pour servir des dividendes à ses actionnaires, il est prouvé dès à présent qu'elle peut faire ses frais, rétribuer convenablement son personnel et améliorer son matériel.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 1. — *5 janvier 1895.*

Progrès récents de la construction maritime en Allemagne, par C. Busley.

Expérience sur une machine à vapeur à grande surchauffe, système Schmidt, par M. Schröter.

Éclairage électrique des voies publiques à Munich, par F. Krauss.

Marteau à friction de Koch et Cie, par H. Fischer.

Distribution d'eau de Scutari et de Kadikeui, par H. Gruner.

Groupe du Rhin inférieur. — Machine volante de Maxim. — Gaz pour force motrice.

Groupe de Thuringe. — Contrôle de la marche des chaudières à vapeur et de leur chauffage.

Bibliographie. — Calcul et construction des turbines radiales, par A. Linnenbrügge,

N° 2. — *12 janvier 1895.*

Moteurs à gaz et petits moteurs à l'Exposition industrielle de Thuringe à Erfurt en 1894, par M. Freytag.

Pont de bateaux sur la Duna, à Riga, par A. Agthe.

Appareils de changement de voie et signaux à l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par H. Heimann *(suite)*.

La force nominale des machines à vapeur, par A. Slacke.

Pas de vis métrique, par J.-F. Pajeken.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Résistance et force des matériaux incombustibles en fonction de leurs propriétés chimiques et physiques à l'état brut.

N° 3. — *19 janvier 1895.*

Installation de chauffage et de ventilation du palais de la Banque nationale à Rome, par E. Hieke.

Calcul des surfaces et volumes des pièces de forme circulaire, par A.-C. Reymann.

Les machines agricoles à l'exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin, en 1894, par Grundke *(suite)*.

Développement du procédé Thomas et procédé Scheibler, par E. Schrodter.

Four à coke de Brunck, par F. Brunck.

Groupe de Bochum. — Visite à l'ascenseur à bateaux de Henrichenberg.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Installations électriques de Kaiserslautern. — Étude des stations centrales d'électricité.

Variétés. — Chute d'un pont. — Technicum d'Hildburghausen.

Correspondance. — Expériences sur une nouvelle forme de roues à aubes pour bateaux.

N° 4. — *26 janvier 1895.*

Régularisation des rapides du Danube entre Stenka et les Portes de Fer, par H. Arnold.

Les machines agricoles à l'exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin, en 1894, par Grundke *(suite)*.

Tracé graphique et fonctionnement des réservoirs d'air, par M. Schmitt.

Groupe de Hanovre. — Fabrication du pain. — Réunion générale de l'Association des maitres de forges allemands à Dusseldorf le 13 janvier 1893.

Association des Ingénieurs mécaniciens allemands. — Procédés de fusion par l'électricité.

Bibliographie. — Éléments de physique théorique, par le Dr Christiansen.

Variétés. — Robert Mayer et H. v. Helmholtz. — Pont sur l'Hudson. Techcnicum d'Ilmenau.

Pour la Chronique et les Comptes rendus,

A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. DE DAX.

LISTE

DES

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ DES

INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

AU

1er JANVIER

1895

PUBLICATIONS PÉRIODIQUES REÇUES PAR LA SOCIÉTÉ.

au 1er Janvier 1895.

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN FRANÇAIS												
Académie des Sciences (Comptes rendus)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Clermont-Ferrand (Mémoires)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Aéronaute (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Album de Statistique Graphique relatif aux Chemins de Fer, Routes Nationales, Navigation, etc., de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Album National de la Fabrique et de l'Industrie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Alcool et le Sucre (L')	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales de la Construction (Nouvelles)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Chemins Vicinaux	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Annales des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales du Commerce Extérieur	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Annales Industrielles	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Année Industrielle (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

Annuaire des Mines, de la Métallurgie, de la Construction Mécanique et de l'Électricité	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire du Bâtiment (Sageret)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Annuaire Statistique de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Alsacienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Section Française)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Association Amicale des Anciens Élèves de l'Institut du Nord (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association Amicale des Élèves de l'École Nationale Supérieure des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Chimistes de Sucrerie et de Distillerie (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Élèves des Écoles Spéciales de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Industriels de France contre les Accidents du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Ingénieurs-Électriciens sortis de l'Institut Électro-Technique Montefiore (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»
Association des Ingénieurs sortis de l'École de Liège (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Gand (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association des Propriétaires d'Appareils à Vapeur du Nord de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Comptes rendus des Sessions)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Française pour l'Avancement des Sciences. (Informations et Documents divers)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Association Lyonnaise des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Statuts)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Association Normande pour prévenir les Accidents du Travail (Bulletin).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Parisienne des Propriétaires d'Appareils à Vapeur (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association pour prévenir les Accidents de Fabrique, fondée sous les Auspices de la Société Industrielle de Mulhouse (Compte rendu).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Association Technique Maritime (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Avenir des Chemins de Fer (L').	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bibliographie de la France, Journal Général de l'Imprimerie et de la Librairie	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Blé (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Imprimerie.	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin de l'Industrie Française	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin des Transports internationaux par Chemins de Fer (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin Historique et Scientifique de l'Auvergne.	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bulletin International de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Bureau International des Poids et Mesures (Travaux et Mémoires).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chambres de Commerce (Le Journal des)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Chambre de Commerce de Dunkerque (Procès-verbaux des Séances)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de fer du Nord (Rapport présenté par le Conseil d'Administration).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Chemin de Fer Grand Central Belge. Direction des Voies et Travaux												

Chronique Industrielle	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Comité de Conservation des Monuments de l'Art Arabe	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Annuaire)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Comité des Forges de France (Bulletin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Commission Internationale du Congrès des Chemins de Fer (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Commission Météorologique du Département de la Sarthe (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Congrès International des Accidents du Travail (Bulletin du Comité permanent)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Conservatoire des Arts et Métiers (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Constructeur (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Construction Moderne (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Cosmos (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Droit Industriel (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
École Nationale des Ponts et Chaussées	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Nationale Supérieure des Mines	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
École Spéciale d'Architecture	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Économiste Français (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Électricien (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Étincelle Électrique (L')	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Fer (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Génie Civil (Le)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Industrie Électrique (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Industrie Textile (L')	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Ingénieur Civil (L')	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Institut des Actuaires Français (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institut Égyptien (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal d'Agriculture Pratique	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Journal de la Meunerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Éclairage au Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal de l'Électricité	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Chemins de Fer	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Photographes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Journal des Transports	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Travaux Publics	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal des Usines à Gaz	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Journal Officiel	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Journal Télégraphique (Berne)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Marine (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Marine Française (La)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Ministère des Travaux Publics (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Céramique, de la Verrerie, etc.	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur de la Papeterie Française (Le)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Fils et Tissus	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur des Intérêts Matériels	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Moniteur Officiel du Commerce	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Nature (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Office du Travail (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

Revue Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue d'Artillerie	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de Chimie Industrielle	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue de l'Aéronautique Théorique et Appliquée	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Revue de Législation des Mines en France et en Belgique	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue du Commerce Extérieur	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue du Génie Militaire	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Revue Générale des Chemins de Fer	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Horticole	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Maritime et Coloniale	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Pratique des Travaux Publics	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revue Technique et les Annales des Travaux Publics et des Chemins de Fer	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Inventions Nouvelles et Sciences Pratiques	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Revue Universelle des Mines	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sciences et Commerce. Revue Pratique de l'Électricité	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Semaine des Constructeurs (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Semaine Financière (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Service Hydrométrique du Bassin de l'Adour (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Service Hydrométrique du Bassin de la Seine (Résumé des Observations sur les Cours d'Eau et la Pluie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du Département de l'Aube	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Belge d'Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Agriculture, Sciences et Industrie de Lyon (Annales)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société d'Économie Politique (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale (Compte rendu) . .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Bordeaux (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de Géographie Commerciale de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de l'Est (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Géographie de Paris (Compte rendu)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de l'Industrie Minérale (Compte rendu)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société de Protection des Apprentis (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société de Secours des Amis des Sciences	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société des Agriculteurs de France (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Société des Anciens Élèves des Écoles Nationales d'Arts et Métiers (Bulletin Technologique)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Arts. Classe d'Industrie et de Commerce (Genève)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Conducteurs et Commis des Ponts et Chaussées et des Contrôleurs des Mines (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société des Études Coloniales et Maritimes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société et Chambre Syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers, Fondeurs de Paris (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Française de Minéralogie . . .												

Société Industrielle de Mulhouse (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Industrielle de Reims (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle de Rouen (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Société Industrielle de Saint-Quentin et de l'Aisne (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Industrielle du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Industrielle du Nord de la France (Comptes rendus)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Internationale des Électriciens (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Bulletin)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Société Nationale d'Agriculture de France (Mémoires, Séance publique annuelle)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Scientifique Industrielle de Marseille (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Société Technique de l'Industrie du Gaz en France (Compte rendu des Congrès)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Société Vaudoise des Ingénieurs et des Architectes (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Société Vaudoise des Sciences Naturelles (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Statistique de l'Industrie Minérale et des Appareils à Vapeur en France et en Algérie	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique de la Navigation Intérieure	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 1re Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents divers, 2e Partie)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Statistique des Chemins de Fer Français (Documents Principaux)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Sucrerie Indigène et Coloniale (La)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Syndicat des Ingénieurs-Conseils en Matière de Propriété Industrielle (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Syndicat Général de la Marine (Bulletin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Tableau Général des Mouvements du Cabotage	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Tableau Général du Commerce de la France	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Technologiste (Le)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Union des Ingénieurs sortis des Écoles Spéciales de Louvain (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Union Géographique du Nord de la France (Bulletin)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Yacht (Le), Journal de la Marine	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN ALLEMAND												
Akademie der Wissenschaften (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Annalen für Gewerbe- und Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover (Zeitschrift) (Hannover)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Centralblatt der Bauverwaltung (Berlin)	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Dingler's Polytechniches Journal (Stuttgart)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
K. K. Central-Anstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (Jahrbücher) (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins (Wochenschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Eisenbahn-Zeitung (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Oesterreichische Statistik (Wien)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Oesterreichischen Ingenieur-und Architekten-Vereines (Zeitschrift) (Wien)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens (Wiesbaden)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

Zeitschrift für Bauwesen (Berlin)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
EN ANGLAIS												
American Academy of Arts and Sciences (Proceedings) (Boston) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
American Engineer and Railroad Journal (New-York)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Electrical Engineers (Transactions) (New-York) .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Institute of Mining Engineers (Transactions) (New-York). .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Civil Engineers (Transactions) (New-York) . . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
American Society of Mechanical Engineers (Transactions) (New-York).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Association of Engineering Societies (Journal of the) (Boston)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Bureau of Steam Engineering (Annual Report of the Chief of) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Annual Archaelogical Report) (Toronto)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Canadian Institute (Transactions) (Toronto).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Canadian Society of Civil Engineers (Transactions) (Montreal). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Chinese Lighthouses (List of the) (China)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Boston (Annual Report).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
City Engineer of Newton (Annual Report)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Electrical Engineer (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Electrical World (The) (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineer (The) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering and Mining Journal (The) (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Association of New-South Wales (Minutes of Proceedings) (Sydney)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Engineering News and American Railway Journal (New-York) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Record (The) (New-York).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Engineering Review (The) (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Engineering Society of the School of Practical Science (Papers) (Toronto).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Engineers' Club of Philadelphia (Proceedings) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Engineers' Club of Philadelphia (Record) (Philadelphia).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Franklin Institute (Journal of the) (Philadelphia)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Indian Engineering (Calcutta).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Civil Engineers (Minutes of Proceedings) (London). . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Institution of Civil Engineers (Private Press) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Institution of Electrical Engineers (Journal of the) (London).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Engineers and Shipbuilders in Scotland (Transactions) (Glasgow).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Institution of Mechanical Engineers (Proceedings) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Iron and Coal Trades Review (The) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Iron and Steel Institute (Journal of the) (London).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Iron Monger (The) (London).	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Massachusetts Institute of Technology (Annual Catalogue) (Boston). . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Massachusetts Institute of Technology (Annual Report) (Boston). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Master-Car Builders Association (Annual Convention) (Chicago) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Midland Institute of Mining, Civil, and Mechanical Engineers (Proceedings) (Barnsley).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Mining World (The) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Navy Department. Bureau of Navigation. Office of Naval Intelligence												

New-York State Museum (Memoirs) (Albany)												
North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers (Transactions) (Newcastle-Upon-Tyne)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
Nova Scotian Institute of Science (Proceedings and Transactions) (Halifax Nova Scotia)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Public Works Department. Government of Bengale (Revenue Report) (Calcutta)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Railroad Gazette (New-York)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Railway Engineer (London)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Society of Arts (Journal of the) (London)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Society of Engineers (Transactions) (London)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Artillery (Journal of the) Fort Monroe (Virginia) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
United States Coast Geodetic Survey (Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Annual Report) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Bulletin) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Mineral Resources) (Washington) . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Geological Survey (Monographs) (Washington)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
United States Naval Institute (Proceedings) (Annapolis)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»
University of the State of New-York (Annual Report of the Regent) (Albany)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
EN DANOIS												
Ingeniøren (Kjobenhavn)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN ESPAGNOL												
Asociación de Ingenieros y Arquitectos de México (Anales) México . . .	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (Boletin) (Madrid) . . .	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
Boletin de Agricultura, Mineria e Industrias.(México)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Boletin de Minas y Construcciones (Lima)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Industria é Invenciones (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Porvenir de la Industria (El) (Barcelona)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista de Obras Públicas (Anales) (Madrid)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Públicas (Boletin) (Madrid)	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Industrial de Minas Geraes	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria (Madrid)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Revista Tecnológico-Industrial (Asociación de Ingenieros Industriales) (Barcelona)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Cientifica « Antonio Alzate » (Memorias y Revista) (México)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Sociedad Cientifica Argentina	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Colombiana de Ingenieros (Anales de Ingenieria et Organo de la) (Bogóta)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad Guatemalteca de Ciencias (Revista) (Gualemala)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sociedad « Sánchez Oropesa » (Boletin de la) (Orizaba)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Universidad Central de Quito (Anales de la) (Quito)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN HOLLANDAIS												
Ingenieur (De) (La Haye)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Koninklijk Institunt van Ingenieurs (Tidischrift van het) (Notulen) (La Haye)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»

Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Heti Értesitője (Budapest) . . .	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Közlönye (Budapest)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Magyar Mérnök-és Épitész-Egylet (A). Találmányok Leirása (Budapest).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN ITALIEN												
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Memorie) (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Accademia dei Lincei (Atti della Reale) (Rendiconti)(Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
Accademia di Scienze, Lettere ed Arti in Modena (Memorie della Regia).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio d'Ingegneri ed Architetti in Catania (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Collegio degli Architetti ed Ingegneri in Firenze (Atti del)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Collegio degli Ingegneri ed Architetti in Napoli (Bollettino)	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»
Collegio degli Ingegneri e degli Architetti in Palermo (Atti del). . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1	»
Giornale del Genio Civile (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Industria (L') (Milano)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Ingegneria Civile e le Arti Industriali (L') (Torino).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Politecnico (Il) (Milano).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Rivista di Artiglieria e Genio (Roma)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Annuario).	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Scuola d'Applicazione pergl'Ingegneri in Roma (Programmi d'Insegnamento)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino (Atti della)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Annali della) (Roma).	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
Società degli Ingegneri e degli Architetti Italiani (Bollettino) (Roma).	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»
EN NORVÉGIEN												
Teknisk Tidsskrift (Norsk) Kristiania	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES PUBLICATIONS	QUOTIDIENNES	BI-HEBDOMADAIRES	HEBDOMADAIRES	TRI-MENSUELLES	BI-MENSUELLES	MENSUELLES	8 FOIS PAR AN	6 FOIS PAR AN	5 FOIS PAR AN	4 FOIS PAR AN	2 FOIS PAR AN	ANNUELLES
EN POLONAIS												
Przeglad Techniczny (Warszawa)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN PORTUGAIS												
Observatorio do Rio de Janeiro (Annuario)	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	1
Revista de Obras Publicas e Minas (Associação dos Engenheiros Civil Portuguezes) (Lisboa)	»	»	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»
EN RUSSE												
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Zapiski) (Saint-Pétersbourg)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Injénière (Kiew)	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
Sobraniya Injéniérove Poutéi Soobchtchéniya Izviéstiya) (St-Pétersbourg).	»	»	»	»	»	1	»	»	»	»	»	»
EN SUÉDOIS												
Teknisk-Tidskrift (Svenska Teknologföreningen) (Stockholm)	»	»	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»
EN TCHÈQUE												
Imperatorskagho Rousskagho Technitcheskagho Obchtchestva (Swode Pri-												

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 1470-1-95. — Chaix

Fig. 8. Coupe transversale

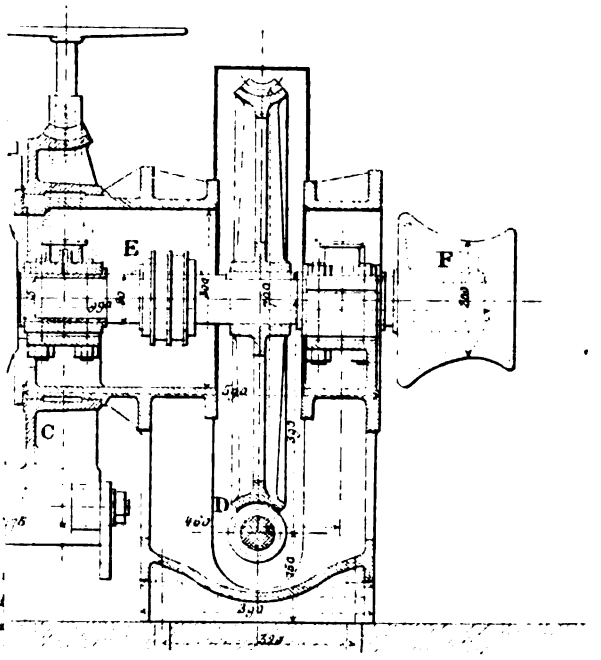
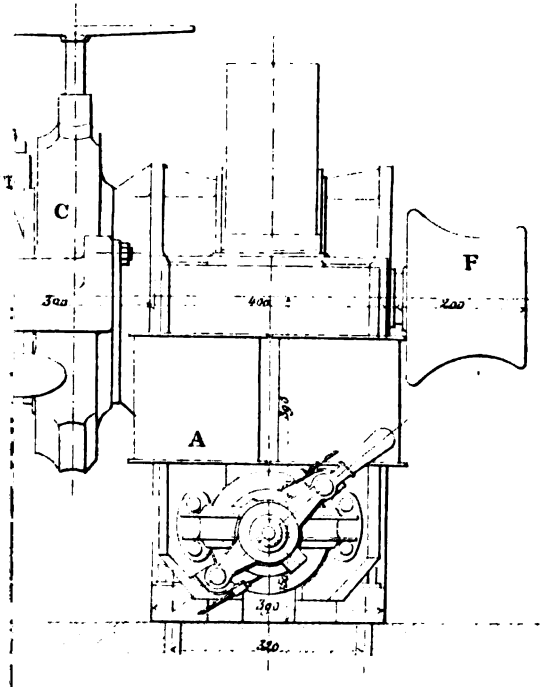


Fig. 9. Vue par bout



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

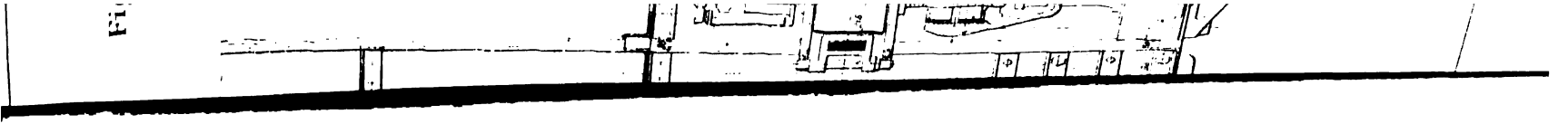
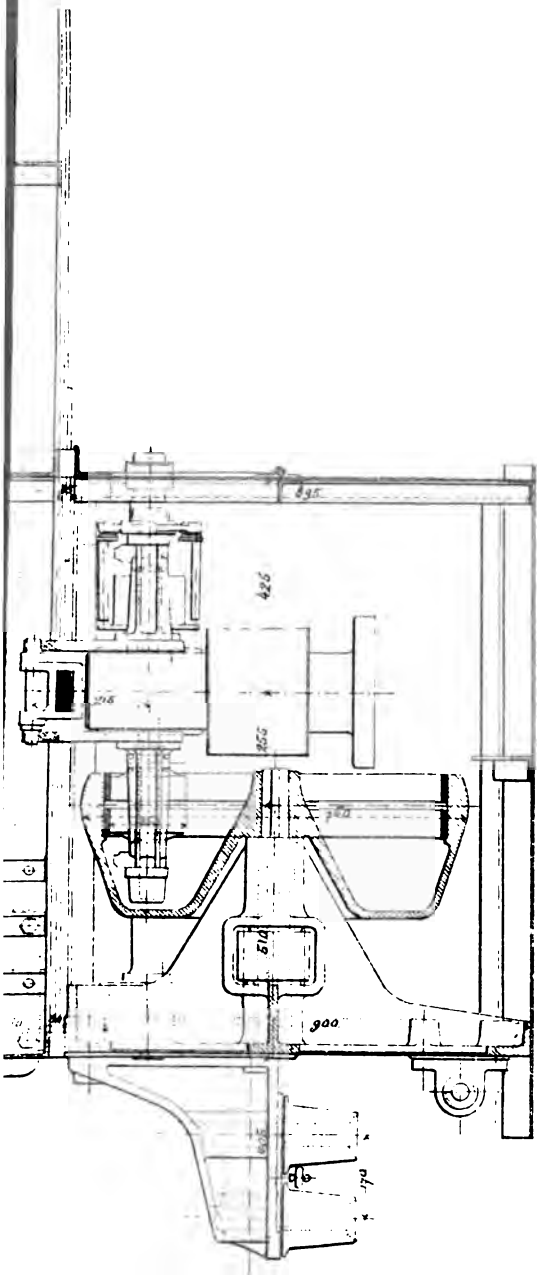
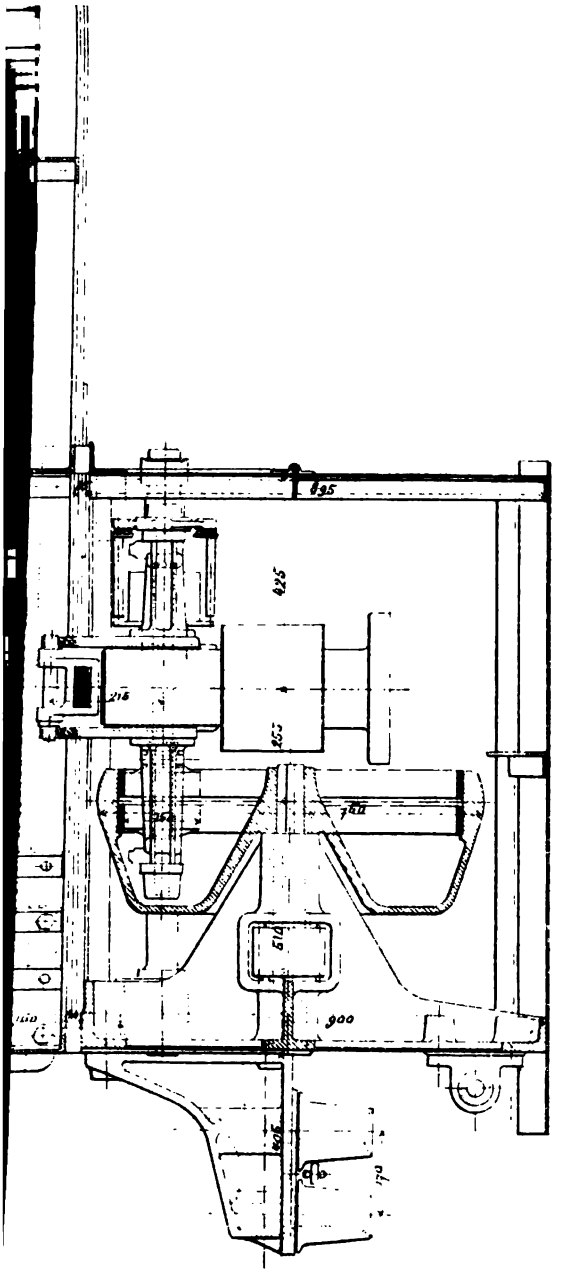


Fig. 4. Coupe suivant cd



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

Fig. 4. Coupe suivant cd



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

FÉVRIER 1895

N° 2

Sommaire des séances du mois de février 1895 :

1° *Traction mécanique des tramways.* Observations de M. P. Regnard et lettre de M. E. de Marchena (Séances des 1er et 15 février), pages 199 et 210;

2° *Notice nécrologique sur M. G. Loustau*, Trésorier honoraire de la Société (Séance du 1er février), page 199;

3° *Décès* de MM. J.-J.-F. Fabre, A. Carcenat, Ch.-E. Battaille. M.-A.-T. Combes et S. Dunnett (Séances des 1er et 15 février), pages 200 et 211;

4° *Eaux d'alimentation de la ville de Genève* (Analyse de l'ouvrage de M. Léon Massol sur les), par M. E. Badois (Séance du 1er février), page 200;

5° *Le filtrage dans l'épuration chimique des eaux* (Invitation de la Société de Chimie à assister à une séance ayant à l'ordre du jour) (Séance du 1er février), page 203;

6° *Grillage des minerais de fer carbonatés*, par M. S. Jordan (Séance du 1er février), page 203;

7° *L'air et l'eau à Paris* (Résultats d'expériences faites à l'Observatoire municipal de Montsouris, par M. Ch.-F. Marboutin et observations de MM. P. Regnard, R. Soreau et J.-B.-E. Derennes (Séance du 1er février), page 204;

8° *Moteurs à gaz et leurs applications industrielles et principalement à l'éclairage électrique*, par M. V. Langlois, observations de MM. Cornuault, E. de Marchena, G. Thareau et lettre de M. G. Collin (Séances des 1er et 15 février), pages 206 et 210;

9° *Création à Paris d'une École spéciale de boulangerie et meunerie avec stations d'essais des grains, farines et matériel,* par M. L.-V. Lockert (Séance du 1er février), page 209;

10° *Décoration* (Séance du 15 février), page 212;

11° *Essais de transmission par câbles et courroies.* Lettre de M. V. Dubreuil, Président du Comité du Génie civil de la Société Industrielle du Nord de la France (Séance du 15 février), page 212;

12° *Analyse statistique des houillères de France en 1893,* par M. Ed. Gruner (Séance du 15 février), page 212;

13° *Séismes et les volcans* (Discussion de la communication de M. de Longraire sur les), Lettres de MM. A. de Lapparent, Stanislas Meunier et Fouquié. Ont pris la parole MM. Auguste Moreau, P.-F. Chalon, D.-A. Casalonga (Séance du 15 février), page 213.

Mémoires contenus dans le bulletin de février 1895:

14° *Nouveau procedé de calcul des efforts supportés par les éléments d'une poutre droite à treillis, chargée symétriquement et reposant sur deux appuis,* par M. E. Monet, page 230;

15° *Méthode générale de calcul des poutres continues droites ou en arc s'arc-boutant solidaires avec leurs piliers,* par M. F. Chaudy, page 248;

16° *Projet de création, à Paris, d'une École pratique de meunerie et boulangerie avec stations d'essais de grains, farines et matériel,* par M. L.-V. Lockert, page 259;

17° *Note sur les travaux de l'Association technique Maritime,* par M. G.-J. Hart, page 276;

Note de nos correspondants et membres de province et de l'étranger:

18° *Les Chemins de fer du Transvaal,* par M. J. de Koning, page 294;

19° *Notice nécrologique sur M. A. Carcenat,* par M. H. Forest, page 299;

20° *Notice nécrologique sur M. S. Dunnett,* page 301;

21° *Notice nécrologique sur M. A. Henriot,* par M. E. Labour, page 305;

22° *Chronique* n° 182, par M. A. Mallet, page 307;

23° *Comptes rendus,* — — page 319;

24° *Bibliographie* — — page 326;

25° *Planche* n° 129.

Pendant le mois de février 1895, la Société a reçu :

35162 — De M. A. Picard. *Concours pour l'Exposition universelle de 1900. Rapport sur les opérations du Jury,* par M. Guadet (grand in-8° de 11 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35163 — De M. A. Tachard (M. de la S.). *Report of the U. S. Nicaragua Surveying Party, 1885* (in-4° de 54 p. avec 67 pl.). Washington, 1886.

35164 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Engineering as a learned Profession* (in-8° de 15 p.).

35165 — Dito. *The Engineering Schools of Cornell University* (in-8° de 10 p.).

35166 — De The Pennsylvania Railroad Company, par M. Théodore Ely, Ingénieur en chef du Mouvement à Philadelphie. *Catalogue of the Exhibit of the Pennsylvania Railroad Company at the World's Columbian Exposition, Chicago, 1893* (in-8° de 158 p.).

35167 — De l'attaché naval à l'ambassade des États-Unis. *Office of Naval Intelligence. General Information. Series n° XIII. July 1894.* Washington, 1894.

35168 — Du Field Columbian Museum. *Field Columbian Museum Pub. 1, vol. I. n° 1* (grand in-8° de 91 p.). Chicago, 1894.

35169 — De M. Carlo Valentini. *Del modo de determinare il profilo de compensazione e sua importanza nelle sistemazione idrauliche* (in-8° de 18 p.). Milano, 1895.

35170 — De l'Association française pour l'avancement des sciences. *Association française pour l'avancement des sciences. Conférences de Paris. Compte rendu de la 23e session. Première partie. Documents officiels. Procès-verbaux.* Paris, Sociétés savantes, 1894.

35171 — De M. Ramaeckers (M. de la S.). *Chemins de fer, Postes, Télégraphes, Marine du Royaume de Belgique. Compte rendu des opérations pendant l'année 1893.* Bruxelles, 1894.

35172 — De M. H. Portevin (M. de la S.). *L'État indépendant du Congo à l'Exposition universelle d'Anvers* (in-8° de 22 p.). Paris, Génie Civil, 1895.

35173 — De M. Ch. Baudry (M. de la S.). *Nouvelles locomotives compound à quatre essieux couplés et à quatre cylindres du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée* (in-4° de 7 p. avec 4 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod et P. Vicq, 1894.

35174 — Dito. *Traction électrique sur l'embranchement minier de Montmartre à la Béraudière, près de Saint-Étienne (chemin de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée)*, par Auvert (in-4° de 4 p. avec 2 pl.). Paris, veuve Ch. Dunod et P. Vicq.

35175 — Dito. *Note sur l'influence de la nature de l'huile de graissage et du métal des coussinets sur la résistance au roulement des wagons. Expériences de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée*, par E. Chabal (in-8° de 47 p.). Paris, veuve Ch. Dunod et P. Vicq, 1894).

35176 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Les chemins de fer à voie étroite du canton de Genève* (in-8° de 16 p. avec 1 pl.). Paris, Société des Ingénieurs Civils de France, 1895.

35177 — De M. Ed. Badois (M. de la S.). *Les eaux d'alimentation de la ville de Genève. Étude bactériologique*, par Léon Massol (in-8° de 194 p.). Genève, Aubert-Schuchart, 1894.

35178 — Dito. *Analyse de l'ouvrage ci-dessus*, par M. Ed. Badois (in-4° de 9 p. manuscrites). Paris, 1895.

35179 — De l'American Institute of Electrical Engineers. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, vol. X, 1893.* New-York, 1893.

35180 — De la classe d'industrie et de commerce de la Société des Arts de Genève. *Le service chronométrique de l'Observatoire de Genève*, par Raoul Gautier (in-8° de 171 p.). Genève, Aubert-Schuchart, 1894.

35181 et 35182 — De M. Marboutin (M. de la S.). *Annuaire de l'Observatoire municipal de Montsouris pour les années 1894 et 1895* (2 vol. in-32). Paris, Gauthier-Villars et fils.

35183 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1893. Documents principaux.* Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35184 à 35187 — De M. Louis Lockert (M. de la S.). *Le Blé.* Années 1885 à 1888. Tomes I à IV, qui complètent la collection que possède la Société. Paris, chez l'auteur.

35188 — De MM. E. Deharme et A. Pulin (MM. de la S.). *Chemins de fer. Matériel roulant. Résistance des trains. Traction* (grand in-8° de 441 p. avec 1 pl.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894.

35189 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *New-South Wales. Government Railways and Tramways. Supplement to the Railway Commissioners' Annual Reports Sydney*, 1894.

35190 — De M. Aulanier (M. de la S.). *Recherches sur la théorie des Ciments armés*, par P. Planat (grand in-8° de 226 p.). Paris, Construction moderne.

35191 — De M. E.-L. Corthell (M. de la S.). *The Tehuantepec Isthmus Railway*, by Señor Don Mathias and E.-L. Corthell (in-8° de 30 p.). Washington, 1894.

35192 — De l'United States Coast and Geodetic Survey. *Report of the Superintendent of the United States, for the fiscal year ending june, 30, 1892. Part. II.* Washington, 1894.

35193 — Du Ministère des Travaux publics. *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie, pour l'année 1893.* Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35194 à 35195 — De M. H. Fayol (M. de la S.) *Études sur le terrain houiller de Commentry. Livre troisième. Faunes ichthyologique et entomologique*, par Ch. Brongniart. *Sur des débris d'arthropleura*, par M. Boule (grand in-8°, p. 121 à 638 et atlas de 37 pl. grand in-folio). Saint-Étienne, Théolier et Cie, 1893.

35196 — Du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-Arts. *Étude historique et statistique sur les moyens de transport dans Paris*, par M. Alfred Martin (grand in-8° de 462 p. avec plans, diagrammes et cartogrammes). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35197 — De M. R. H. Thurston (M. de la S.). *The Cornell University. Register 1893-1894.* Ithaca, 1894.

35198 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. *Association des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France. Exercice 1893-1894. XI^e Bulletin.* Lille, L. Danel, 1894.

35198 *bis* — De M. Carlo Depérais. *Memoria sulla fabricazione della colla-forte de pelle* (in-4° de 21 p.) Napoli, 1894.

35199 à 35208 — De M. J. Duckitt. *Transactions of the North East-Coast Institution of Engineers and Shipbuilders. Volumes I à X. Sessions 1848-1885 à 1893-1894.* Newcastle-upon-Tyne.

35208 *bis* — De M. G. Richard (M. de la S.), par MM. Baudry et C^ie, *Traité des machines-outils.* Tome premier (grand in-8° de 531 p. avec 3 022 fig. dans le texte). Paris, Baudry et C^ie, 1895.

35209 — De M. Ed. Peny (M. de la S.). *Une expérience en cours pour les pensions des vieux houilleurs* (in-8° de 19 p.). Morlanwez, Emile Geuse, 1895.

35210 — De M. N.-A. Belelubsky (M. de la S.). *Zum Gedächtniss an Prof. Joh. Bauschinger* (une feuille in-4°). Riga, 1894.

35211 — De l'Office central des transports internationaux par chemins de fer. *Liste des tarifs applicables au transport des marchandises par chemins de fer régi par la convention internationale du 14 octobre 1894* (in-4° de 108 p.). Berne, 1895.

35212 — De Königlichen Technischen Hochschule zu Berlin. *Das Gesetz von der Erhaltung der Energie und seine Bedeutung für die Technik, von U. Slaby* (grand in-8° de 13 p.). Berlin, 1895.

35213 — De M. A. Bert (M. de la S.). *Loi sur l'orientation de l'entrée des ports à marée* (in-8° de 42 p. avec 2 pl.). Havre, Roland de Cadehol, 1895.

35214 — De M. A. de Lapparent. *L'équilibre de la terre ferme* (in-8° de 21 p.). Paris, de Soye et fils, 1894.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de février 1895 sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

J.-B.-L. Aurientis,	présenté par	MM. E. Lippmann, J. Dubois, Guérin.
F.-A. Bourdon,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
C. Brunon,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.
J.-M.-L. Cabantous,	—	Polonceau, Chaussegros, Gerbaud.
P.-E. Chouanard,	—	E. Chouanard, Carimantrand, Lévi.
L. David,	—	Forest, Chaudy, Meiriniac.
J. Dybowski,	—	Loreau, Mallet, G. Lévi.
P.-H.-F. Edelmann,	—	J. Farcot, P. Farcot, Darblay.
E.-A. Fuertes,	—	Du Bousquet, Pontzen, de Dax.
X. Gosselin,	—	Jannettaz, Brison, Ruchonnet.
L. Hannoyer,	—	Anthoni, Donon, G. Dumond.
E.-H. Massière,	—	Carimantrand, Lévi, Mallet.

P. Minié,	présenté par MM.	Appert, G. Dumond, de Dax.
T.-J. Pérard,	—	Forest, Féraud, Lambert.
M.-A.-E. Péreire.	—	E. Pereire, Ellissen, Carimantrand.
A.-J.-J. Picard,	—	Gottschalk Delpeuch, Chaillaux.
J. Pié y Allué,	—	Bert, Gassaud, Monet.
A.-M. Romain,	—	Varenne, Collin, Guillardet.
A.-J. Ruelle,	—	Chaperon, Couriot, L. Salomon.
A. Sommaire,	—	Dorion, Melon, E. Fouché.
B. Talyanski,	—	G. Robert, Tissot, G. Rey.

Comme Membre associé, M.

P.-E. Charollois, présenté par MM. Appert, G. Dumont, A. de Dax.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE FÉVRIER 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er FÉVRIER 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. LE PRÉSIDENT signale une erreur typographique dans le dernier procès-verbal ; les observations qu'il a faites à la suite de la communication de M. de Bovet ont été répétées deux fois.

M. P. REGNARD demande à compléter ce qu'il a dit à la dernière séance sur la *Traction mécanique des tramways* en ajoutant quelques chiffres à l'appui de son dire : que le succès du funiculaire de Belleville dépasse, en dépit des sarcasmes, toutes les espérances. La recette maxima pour les chemins de fer est de 160000 *f* par kilomètre, que réalise la seule Compagnie du Chemin de fer du Nord. Eh bien, pour le funiculaire de Belleville qui a 2 *km*, la recette totale de 1893 a été de 361 000 *f*, soit 180 000 *f* par kilomètre, et pour 1894, 202000. Ainsi, avec un tarif de 0,10 *f* et de 0,05 *f* le matin et le soir par voyageur, le trafic est supérieur à celui des Compagnies françaises qui rapportent le plus.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. E. de Marchena avait aussi demandé à revenir sur quelques points de la discussion qui avait eu lieu à la dernière séance, mais comme des communications sur divers modes de traction mécanique doivent être présentées prochainement, il sera préférable d'élargir la discussion à ce moment, et M. de Marchena pourra alors plus utilement prendre la parole.

Après ces observations, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT rappelle aux membres de la Société, qu'il a déjà eu soin d'aviser au moment de la mort de M. G. Loustau, notre Trésorier honoraire, les circonstances tragiques dans lesquelles cet événement s'est produit.

M. Gustave Loustau, qui était le doyen de notre Société, était entré à l'Ecole Centrale lors de sa fondation, en 1829; appelé, à sa sortie, à

remplir les fonctions de directeur des études de l'Institution Martelet, il était devenu plus tard, grâce à l'amitié de M. Petiet, agent administratif de la Compagnie du Chemin de fer du Nord, au moment de sa fondation.

Il avait rendu dans ce poste important des services justement appréciés.

Il avait été un des fondateurs de la Société des Ingénieurs Civils, et, en 1851, il en était devenu le trésorier.

Jusqu'en 1886, c'est-à-dire pendant trente-cinq ans, il a rempli ces fonctions avec le plus grand dévoûment et la plus complète abnégation.

Quoiqu'il eût quitté la Compagnie du Chemin de fer du Nord depuis 1878, il avait tenu à conserver ses fonctions de trésorier de notre Société encore quelques années, malgré les déplacements longs et fatigants auxquels le condamnait l'éloignement de la retraite qu'il s'était choisie.

En 1882, la Société des Ingénieurs Civils lui décerna, sur la proposition de M. Mathieu, un de nos anciens présidents, une médaille d'or frappée spécialement à son intention en souvenir des services qu'il nous avait rendus; en 1886, nous le nommions trésorier honoraire.

Un grand nombre de Membres de la Société ont assisté à ses obsèques qui ont revêtu un caractère très imposant. Des discours ont été prononcés par M. G. du Bousquet, au nom de la Compagnie du Chemin de fer du Nord; par M. L. Appert, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France; par M. Alexis Godillot, qui remplaçait M. L.-A. Berthon, Président de l'Association des Anciens Élèves de l'École Centrale, au nom de cette Association.

La Société et l'Association amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale se proposent de fournir à M^me^ veuve Loustau l'appui dont elle aura besoin.

M. LE PRÉSIDENT a encore le regret d'annoncer la perte de deux autres de nos Collègues :

M. J.-J.-F. Fabre, ancien élève de l'École Polytechnique, Ingénieur civil des Mines, membre de la Société depuis 1886;

M. A. Carcenat, Ingénieur à la Compagnie du Chemin de fer du Nord, qui avait présenté à la Société d'intéressantes communications.

M. Agnellet, Ingénieur au Chemin de fer du Nord, a prononcé un discours à ses obsèques, et notre Collègue, M. Forest, a rédigé une notice nécrologique qui paraîtra dans le *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT signale, parmi les ouvrages reçus, un volume fort intéressant : *Sur les machines et documents exposés à Chicago* par la Compagnie du Pennsylvania Rail Road, que l'Ingénieur en chef du Mouvement, M. Théodore Ely, nous a très aimablement fait parvenir de sa part et de celle de la Compagnie. Cet ouvrage, édité avec le plus grand soin, et dont les dessins en phototypie sont d'une exécution remarquable, est un véritable traité des chemins de fer en Amérique. Il faut donc vivement remercier M. Théodore Ely et le Pennsylvania Rail Road.

M. LE PRÉSIDENT signale également un ouvrage ayant pour titre : *Les eaux d'alimentation de la ville de Genève*, étude bactériologique, par M. Léon Massol, directeur du laboratoire de bactériologie de la salubrité de Genève.

Cet ouvrage a été adressé par M. E. Badois, qui en a fait le compte rendu dans la notice suivante :

« Ce petit volume ouvre une voie nouvelle aux études sur les eaux d'alimentation des villes et cela le rend particulièrement intéressant.

» Le faire connaître à la Société, c'est répondre au vœu exprimé par notre Président, dans son discours du 4 janvier 1893, où il a appelé l'attention sur l'hygiène des villes, dont, disait-il, « l'état sanitaire tient, » pour une large part, à l'amenée d'eaux pures, à l'abri de toutes » souillures... ».

L'auteur est bien convaincu de ce principe qu'il développe dans le premier chapitre; il résume ainsi son exposé :

« L'expérience, l'observation ont démontré surabondamment que la pureté de l'eau livrée à la consommation est le facteur le plus important de la santé des agglomérations humaines; on comprendra donc que la qualité des eaux de boisson doit être l'objet de la surveillance constante du médecin, de l'hygiéniste et des pouvoirs publics. »

Pour donner satisfaction à cette idée, M. Massol a, pendant près de deux années, procédé journellement et régulièrement à l'analyse de l'eau prélevée en trois points principaux : à la prise d'eau, dans le port et dans la canalisation.

Les résultats de ce nombre considérable d'analyses, tant chimiques que bactériologiques, systématiquement poursuivies, suivant une méthode uniforme, et aussi leurs conséquences sont placés sous les yeux du public.

C'est une œuvre de comparaison, pour laquelle il a été tenu compte à chaque prise d'essai des éléments suivants : profondeur de l'eau, nature du lit, rapidité plus ou moins grande des courants, température de l'eau, pluies, force et direction des vents, intensité de la lumière.

Loin d'être indifférentes, comme on pourrait le croire, à l'état de pureté des eaux, ces circonstances sont autant de facteurs qui interviennent et qui peuvent faire varier dans de très larges limites le nombre et la nature des germes en suspension.

Deux chapitres sont consacrés : l'un à la description du lac et des phénomènes météorologiques et hydrauliques qu'il présente, l'autre au plan et à la méthode technique d'après lesquels l'étude a été conduite, en vue de procéder au dosage de la matière organique, au dosage de l'oxygène libre, à l'analyse biologique quantitative, et de constater la variabilité des proportions de chacun de ces éléments d'après les phénomènes météoriques observés.

Un chapitre spécial est destiné à la recherche qualitative des germes pathogènes. L'auteur n'a pu déceler dans ces eaux le bacille de la fièvre typhoïde non plus que le *bacterium coli commune*.

En ce qui concerne le choléra, Genève ayant joui jusqu'ici de l'immunité la plus absolue vis-à-vis de cette maladie, il n'était pas à croire que l'on pût rencontrer dans le lac le bacille de Koch. M. Massol l'a cherché sans l'y trouver; mais il a pu isoler huit espèces de vibrions, parmi ceux assez rares des eaux génevoises, dont les formes peuvent se rapprocher plus ou moins du *komma-bacillus*. Aucun d'eux n'est pathogène, même inoculé à dose massive dans la cavité péritonéale des animaux d'expérience.

Le vibrion septique et le bacille du tétanos n'ont pas été révélés non plus dans les eaux du lac; mais ils ont été trouvés en excessive rareté dans les boues du port et du banc du Travers. Cela n'a rien de surprenant, car on les rencontre dans toutes les vases des rivières et dans toutes les terres, et leur présence dans ces boues ne saurait inspirer aucune crainte, même si par hasard ils se retrouvaient en suspension dans l'eau, puisque l'on sait que ces germes anaérobies ne sont redoutables que lorsqu'ils pénètrent dans l'économie par traumatisme, mais sont inoffensifs lorsqu'ils sont ingérés avec les aliments.

L'auteur conclut de ces recherches que « Genève est une ville privilégiée, car l'eau du lac qui sert à son alimentation est non seulement une des plus belles, mais aussi une des plus pures qui existent ».

La partie la plus neuve et la plus originale de l'ouvrage réside dans le chapitre où M. Massol fait l'interprétation des analyses, et où il dégage l'influence de la décantation, de la hauteur limnimétrique, des pluies, des vents, de la température et de la lumière sur les variations de la pureté chimique et bactériologique de l'eau, suivant les saisons.

On avait l'intuition jusqu'alors que la décantation est un des moyens les plus actifs pour l'épuration des eaux; on savait aussi que la lumière, d'après des faits nombreux, a une influence microbicide évidente : — C'est maintenant démontré par les tableaux graphiques qui résument les observations journalières et les analyses de M. Massol; ils montrent que la souillure des eaux croît avec les pluies et les vents (ceux surtout qui provoquent la formation des vagues les plus profondes qui remuent la vase des fonds qu'elles peuvent atteindre dans le port), et décroît au fur et à mesure que les périodes de tranquillité du lac se prolongent et d'autant plus que l'on s'éloigne des rives et des « affluents grossis de pluies diluviennes qui n'infligent au lac qu'une souillure passagère et, en tout cas, strictement limitée ». De même l'on « constate toujours qu'à une période de luminosité intense, correspond une diminution considérable du nombre des germes en suspension dans les eaux du Lac ».

En résumé, le minimum de contamination a lieu en été et dans les périodes de calme atmosphérique, où l'eau devient presque absolument pure, puisque dans plusieurs cas par de belles journées il n'a pas été découvert un seul organisme vivant (malgré l'ensemencement de 60 tubes), et dans d'autres, il n'en a été trouvé que un ou deux par centimètre cube d'eau. — Et il est incontestable que les eaux puisées au large et à une certaine profondeur sont incomparablement plus pures que celles prises dans le voisinage des côtes dans les endroits peu profonds.

Quant à la matière organique, il est peu d'eaux d'alimentation qui, au dire de l'auteur, en contiennent moins que celle de Genève; la proportion varie sous l'influence des pluies et des vents, mais elle reste faible.

La quantité d'oxygène libre contenue dans ces eaux présente d'importantes variations qui relèvent de la température et des vents. Mais l'expérience prouve, lorsque l'eau prélevée dans le lac est abandonnée à elle-même, qu'on ne constate au bout d'un temps assez long, aucune diminution appréciable dans la quantité d'oxygène dissous.

Ce fait, dit M. Massol, « démontre la pauvreté de l'eau en schizophites et confirme les résultats de l'analyse bactériologique », et il ajoute :

« Il résulte de tout ce qui précède que l'eau du Lac est une eau de premier ordre. »

Quelle que dût être sur ce dernier point la conclusion de cette étude, la manière dont elle a été poursuivie et les conséquences très curieuses qui s'en dégagent méritaient certainement d'être portées à la connaissance du public savant.

M. le Président annonce que la Société de Chimie invite les membres de la Société à assister le 7 février prochain à une séance dont l'ordre du jour comporte une communication de M. Delhotel ayant pour titre *Le filtrage dans l'épuration chimique des eaux.*

M. le Président donne la parole à M. S. Jordan.

M. S. Jordan croit intéressant de faire, dès à présent, connaître à la Société un fait intéressant relatif au *grillage des minerais de fer carbonatés.*

Il avait eu, au début de sa carrière métallurgique, à construire et à conduire des fours de grillage pour les minerais sulfureux de la région méditerranéenne, et avait, à cette époque, visité et étudié les fours employés pour le même but dans diverses usines françaises et étrangères. Il a été, plus récemment, amené par les circonstances à s'occuper du grillage de minerais de fer carbonatés, ce qui lui a montré que cette opération n'avait pas été étudiée peut-être d'assez près et qu'elle était susceptible de perfectionnements notables au point de vue de la consommation de combustible.

Dans le Cleveland (Angleterre), pays où l'on grille maintenant probablement le plus de fers carbonatés, on consomme, avec les grands fours en usage, 30 à 40 *kg* de houille menue par 1 000 *kg* de minerai cru. En Westphalie, en Styrie, M. Jordan a vu griller des fers spathiques avec la même proportion de combustible. Dans les Alpes, dans les Pyrénées, la même consommation ou à peu près est encore atteinte, bien que certains fours soient chauffés par le gaz de gazogènes spéciaux.

Cette consommation de 30 à 40 pour 1 000 peut paraître satisfaisante quand on la compare à celle nécessaire pour la cuisson de la chaux, alors même qu'on remarquerait que, s'il faut 447 calories environ pour décomposer 1 *kg* de calcaire, il n'en faut que 130 environ pour décomposer 1 *kg* de carbonate de fer. Mais la fabrication de la chaux est une simple calcination ; le grillage des carbonates de fer ou de manganèse est une opération plus complexe.

Pour qu'elle soit soit bien effectuée, non seulement l'acide carbonique doit être dissocié et volatilisé, mais le protoxyde qui reste seul doit être suroxydé et transformé en oxyde plus avancé, en peroxyde pour le fer. Or, pour l'un comme pour l'autre des deux métaux, les lois thermochimiques apprennent que la suroxydation du protoxyde fournit plus de chaleur que la dissociation du carbonate n'en absorbe. Pour ce qui concerne le carbonate de fer, si la séparation de l'acide carbonique exige 130 calories par kilogramme de carbonate, la suroxydation du protoxyde restant en produit 238, de sorte que l'opération complète se résume par un gain de 108 calories environ. Donc, théoriquement, le

grillage du carbonate de fer, une fois mis en train, devrait se continuer sans consommation de chaleur, si l'on n'avait à compter avec l'humidité et avec les matières étrangères que contient toujours le minerai.

Mais en interprétant bien ces données de la théorie, on peut spécifier comme il suit les conditions à remplir pour que le fer carbonaté puisse être grillé au four à cuve avec un minimum de houille. Le four doit être tel que le minerai descende d'abord également et horizontalement en se chauffant progressivement jusqu'à ce qu'il arrive dans la *zone de combustion* où il achève de dégager son acide carbonique. Dans cet *étage de décarbonatation*, au-dessus de la zone de combustion, l'atmosphère du four est naturellement plus ou moins neutre, tant à cause de l'acide carbonique dégagé qu'à cause des produits de la combustion. Au-dessous, dans l'*étage de suroxydation*, le minerai doit descendre, en se desserrant, dans une atmosphère franchement oxydante produite par de l'air affluant sur toute la section du four. Cet air, arrivant froid par en bas, se chauffe progressivement en montant (tant par la suroxydation du protoxyde que par la chaleur venue d'en haut), et en perdant une partie de son oxygène. Arrivant à haute température dans la zone de combustion, il y brûle rapidement la petite quantité de houille qu'il y trouve et dont les cendres seules continuent à descendre plus bas. Si l'afflux d'air est insuffisant, le minerai arrive en bas au défournement encore rouge, imparfaitement oxydé et plus ou moins friable ; si l'afflux d'air est suffisant, le minerai arrive à peu près froid, peroxydé et plus consistant.

Ces principes sont appliqués dans un four construit il y a trois ans pour griller les minerais carbonatés de Bilbao, four à peu près cylindrique, de 9,50 *m* environ de hauteur et 4 *m* de diamètre. Il fournit en vingt-quatre heures dans sa marche normale 60 *t* de minerai grillé provenant de 85 à 86 *t* de minerai cru. La consommation de houille menue qui, au début, avant que le travail eût été bien réglé d'après les principes ci-dessus, avait été plus élevée, est maintenant, pour la moyenne de l'année 1894, inférieure à 4 *kg* (exactement 3,840 *kg*) par 1 000 *kg* de minerai cru (c'est-à-dire le dixième de la consommation visée au début de cette note) et peut-être le dernier mot n'est-il pas dit.

Ce résultat est obtenu avec un four de construction simple et économique : aussi dans une installation plus importante en cours d'établissement, on a renoncé totalement à l'idée de gazéifier la houille avant de l'employer. M. Jordan pense même que, dans ce cas spécial, le combustible gazeux présente moins d'avantage que la houille menue. Il a pensé ne pas devoir attendre plus longtemps pour faire connaître cette application nouvelle des théories thermo-chimiques, qui lui semble constituer un procédé nouveau en fait, bien qu'aucun brevet n'ait été pris pour en revendiquer la propriété.

M. le Président remercie M. Jordan d'avoir donné à la Société la primeur de cette très intéressante nouvelle.

M. Ch.-F. Marboutin a la parole pour sa communication sur *l'Air et l'Eau à Paris. (Résultats d'expériences faites à l'observatoire Municipal de Montsouris)*.

Cette communication paraîtra *in extenso* au Bulletin.

M. P. Regnard demande si l'on a déterminé le temps nécessaire au nettoyage de conduites d'eau de source qui ont reçu des eaux de Seine ou d'Ourcq, temps que M. Marboutin a indiqué comme ayant été fort long, lors de la mise en service des canalisations de l'Avre.

M. Marboutin dit qu'il ne peut donner de renseignements à ce sujet, attendu que les laboratoires de Montsouris que dirigent M. Albert Lévi pour le service chimique et M. Miquel pour le service micrographique n'ont pas été chargés de semblables recherches. Il fait d'ailleurs remarquer que les substitutions d'eau de rivière a l'eau de source ne doivent être faites par l'Administration que dans le cas de force majeure tel que celui qui s'est produit récemment, lors d'une rupture de conduite dans la forêt de Fontainebleau.

Quant aux cas individuels de mélange des eaux qui peuvent se produire, l'observatoire de Montsouris n'a pas mission de les rechercher, mais il les découvre quelquefois.

C'est ainsi que, dernièrement, à la suite d'une épidémie de fièvre typhoïde dans une École, on analysa l'eau qu'elle recevait. Ce n'était ni de l'eau de source, ni de l'eau de rivière, mais un mélange des deux; l'architecte avait alimenté un calorifère à eau chaude à la fois par l'eau de source et l'eau de rivière.

M. Marboutin explique comment les prises d'échantillon sont faites, chaque semaine, dans les maisons particulières, par un agent du laboratoire. Lorsque l'observatoire a établi, par l'analyse, qu'une maison est alimentée par l'eau de Seine, il signale le fait à l'Administration municipale, et le service d'assainissement des habitations, que dirige M. le Dr Martin, s'en occupe.

M. R. Soreau demande si l'on a fixé la limite à partir de laquelle le nombre des bactéries, que les tableaux présentés par M. Marboutin montrent comme si variable, devient dangereux; s'il suffit d'une bactérie, pour rendre une eau dangereuse, qu'importe le nombre des bactéries?

M. Marboutin rappelle que les nombres, dont il vient de passer quelques-uns en revue ont pour but, comme il l'a dit dans sa communication, de caractériser les eaux de Paris. Ce sont des renseignements qui résultent d'analyses quantitatives et non qualitatives. D'ailleurs M. le Dr Miquel emploie une méthode qui permet également de faire la détermination qualitative des bactéries.

M. J.-B.-E. Derennes, pour donner une idée des variations que présentent les teneurs en bactéries de certaines eaux, cite quelques nombres approchés, empruntés pour la plupart aux belles recherches de M. Miquel.

Dans la meilleure eau distribuée à Paris, celle de la Vanne, on a trouvé à peu de jours de distance des nombres de bactéries variant entre 50 et 14 000 par centimètre cube.

De l'eau de la Vanne contenant 50 bactéries par centimètre cube, conservée en vase ouvert ou en flacon bouché, à une température de 15°, en a eu 40 000 le lendemain, 125 000 le surlendemain, 500 000 après trois jours. Après un certain temps la teneur va en diminuant.

Une autre eau de source avait 5 bactéries au point d'émergence. Après cinq jours elle en avait 500 000; après dix jours elle n'en avait plus que 300 000; après six mois elle n'en avait presque plus.

De l'eau de la Vanne prise à sa source, avec une teneur de bactéries presque insignifiante, transportée à Paris en tube scellé, avait 100 000 bactéries à son arrivée, trente-six heures après. La même eau arrivée naturellement à Paris par les aqueducs n'en avait que 60.

Avec les eaux de rivière, on n'observe pas une telle prolifération. De l'eau de Seine ayant 10 000 microbes, par exemple, conservée jusqu'au lendemain, n'en a eu que 15 000 ou 20 000. Avec l'eau de l'Ourcq l'augmentation était encore moindre; il y a même eu parfois diminution.

Des eaux minérales considérées comme très salubres et dont l'usage est recommandé, avec raison, en temps d'épidémie, ont souvent, au moment de l'emploi, plusieurs centaines de mille de bactéries par centimètre cube.

Le nombre des bactéries d'une eau considéré isolément n'a donc pas grande signification. Il ne faut pas conclure de là que l'analyse bactériologique soit inutile; outre que l'examen qualificatif des microbes offre un grand intérêt, leur nombre même est, dans l'étude d'une eau potable, un élément d'information important, à la condition de l'interpréter en tenant compte de toutes les conditions dans lesquelles a été prélevé et conservé l'échantillon.

M. Marboutin fait remarquer qu'il faut bien distinguer les deux cas qui se présentent dans la pratique : on veut savoir, ou bien si une eau est potable, ou bien si elle est infectée. Au point de vue de l'infection, on cherche les bactéries d'espèce bien déterminée.

M. Derennes dit que souvent des eaux nocives ne contiennent pas beaucoup de bactéries et que plusieurs espèces de celles-ci sont incompatibles entre elles.

M. P. Regnard désire revenir sur la question du mélange des eaux de rivière et de source dans les canalisations. Il considère comme impossible d'empêcher les particuliers de faire communiquer la double canalisation qu'ils ont chez eux et estime qu'au lieu de leur défendre de le faire sous peine de contravention, il serait préférable de leur concéder cette autorisation mais à la condition d'empêcher le refoulement d'une conduite dans l'autre au moyen d'un clapet.

M. le Président remercie M. Marboutin de sa très intéressante communication et donne la parole à M. V. Langlois pour une communication sur les *Moteurs à gaz et leurs applications industrielles et principalement à l'éclairage électrique.*

M. V. Langlois, dans sa communication, se propose d'exposer quel parti on peut tirer des moteurs à gaz pour la production de la lumière électrique, et le prix de revient comparé entre l'éclairage produit par le gaz de houille et l'éclairage produit par l'emploi d'un moteur à gaz actionnant une dynamo.

Il est inutile de revenir sur les avantages des moteurs à gaz, avan-

tages généralement connus et qui ont été signalés maintes fois : malheureusement leur insuccès fut causé longtemps par leur consommation.

L'éclairage électrique a été longtemps l'apanage de privilégiés et peut être obtenu économiquement au moyen du moteur à gaz. Il existe actuellement, des moteurs ne consommant que 500 à 600 *l* par cheval-heure pour une force de 8 *ch.*

Partant de cette consommation, et étant rappelée la définition du carcel-heure qui est le rendement lumineux d'un bec dit *papillon* et en même temps celui d'une lampe électrique de 10 bougies, il est facile de faire la comparaison du prix de revient de chacun des deux modes d'éclairage.

A cet effet, pour l'éclairage direct au gaz, il faut tenir compte de la dépense d'installation des becs, de l'amortissement du capital engagé et ensuite de la dépense en gaz.

Dans le cas de l'éclairage par moteur et dynamo, il faut faire entrer en ligne de compte :

1° Les intérêts et amortissement des frais d'installation du moteur, de la dynamo et des accessoires;
2° Consommation de gaz;
3° Consommation d'eau;
4° Lampes hors d'usage.

Dans les deux cas, on ramène le prix de revient au carcel-heure pour une durée moyenne de cinq heures d'éclairage par jour.

Il ressort de ces calculs que dans le cas de l'éclairage au gaz, le carcel-heure revient à 0,0428, et dans le cas d'emploi du moteur à gaz et de la dynamo, le carcel-heure revient à 0,0182 *f.*

Il est bon d'appeler l'attention sur ces chiffres qui sont éloquents, et il est facile de voir quel parti on peut tirer du moteur à gaz pour l'éclairage par ilot.

Il est étonnant que de nombreuses applications n'aient pas été déjà faites dans ce sens.

Il serait très intéressant d'aborder la question de l'application industrielle de l'éclairage électrique d'un ilot d'une certaine importance par moteurs à gaz et dynamos, mais les chiffres mis en avant suffisent déjà.

En terminant, M. V. Langlois tient à faire remarquer qu'il n'a pas voulu s'écarter du programme qu'il s'était imposé, c'est-à-dire de ne pas sortir du domaine du moteur à gaz. C'est pourquoi il ne parle pas du moteur à gaz pauvre, ni des moteurs appelés improprement « Moteurs à pétrole ».

A ce propos, il croit devoir revenir sur une des précédentes communications relative au concours des voitures automobiles.

M. Collin, l'auteur de la communication, a parlé des voitures à moteurs à pétrole. Or les moteurs ainsi désignés emploient, non pas le pétrole du commerce, *le pétrole lampant*, mais bien la Gazoline ou produit similaire susceptible de carburer l'air. Il existe bien, en Russie notamment, des machines où la houille est remplacée par le pétrole, mais ce ne sont que des machines à vapeur. Le vrai moteur à pétrole ne date que de quelque temps: il consiste à utiliser le pétrole sous forme de pluie

fine et à le chauffer. Dans cet état, il lui est possible de carburer l'air et de former alors un mélange tonnant.

M. V. Langlois prie M. Collin de vouloir bien l'excuser d'avoir rappelé et commenté une communication quelque peu lointaine, mais il ne saurait lui en vouloir d'avoir protesté contre une opinion trop répandue dans le public et que des personnes techniques ne sauraient soutenir.

M. E. Cornuault tient à faire observer que la comparaison à laquelle s'est livré M. Langlois, qui conclut aux chiffres respectifs de 0,0428 et 0,0182, repose sur l'adoption, dans le calcul, de l'ancien bec papillon, aujourd'hui presque inusité dans les intérieurs, lequel donne 1,10 carcel pour 140 *l* de consommation à l'heure, soit la carcel pour 127 *l*.

Il suffit de substituer au bec papillon un bec plus moderne, soit un bec à récupération consommant 40 à 50 *l* par carcel, soit mieux encore un bec à incandescence à gaz ou bec Auer, ce dernier consommant à peine 20 *l* par carcel, c'est-à-dire 6 à 7 fois moins que le bec choisi par M. V. Langlois, pour que la comparaison faite se retourne absolument contre les conclusions de l'auteur; au lieu d'être deux fois plus cher, il serait trois fois plus économique.

M. V. Langlois répond qu'avec les becs Auer, il y aurait surcroit de dépense d'établissement.

M. Cornuault réplique qu'en faisant entrer dans le calcul l'intérêt et l'amortissement répartis sur le nombre d'heures d'éclairage annuel adopté par l'auteur, il est bien aisé de voir que le prix de la carcel-heure n'est augmenté que d'une façon insignifiante, ne modifiant en rien ce qu'il vient de dire.

Quant aux moteurs à gaz, il s'en faut de beaucoup que les Compagnies de gaz ne cherchent pas à en vulgariser l'emploi pour tous usages; elles font tout ce qu'elles peuvent pour cela, dans les limites de leurs traités, et le contraire serait bien étonnant; l'auteur ignore sans doute les facilités de tous genres données dans ce but par les principales Compagnies gazières de France, à commencer par la Compagnie parisienne qui accorde aux propriétaires et industriels installant des moteurs à gaz des primes élevées dégrevant dans une large mesure les frais de premier établissement.

M. E. de Marchena ne croit pas qu'on puisse prendre comme donnée pratique de l'éclairage 5 heures.

M. V. Langlois estime que 5 heures est la moyenne de tous les secteurs et de tous les moyens d'éclairage.

M. de Marchena pense que si les Compagnies d'éclairage électrique pouvaient compter sur ce chiffre, elles seraient très prospères.

M. G. Thareau trouve que la consommation de 600 *l* de gaz par cheval et par heure, admise par M. Langlois est très faible; non pas que ce chiffre ne soit facilement atteint dans beaucoup de moteurs, mais parce qu'il correspond pour ceux-ci au travail maximum et que, pour des puissances inférieures à la puissance nominale, le rendement s'abaisse bien vite.

M. V. Langlois dit que les calculs qu'il a exposés avaient pour but de montrer qu'il pouvait y avoir de grandes différences dans les deux systèmes d'éclairage mis en présence : les chiffres qu'il a proposés ne sont pas absolus, mais on voit que l'éclairage électrique dans les conditions où il l'a décrit est loin d'être un éclairage de luxe.

M. le Président remercie M. V. Langlois de sa communication, qui a provoqué une discussion intéressante ; il donne la parole à M. Lockert pour une communication sur *la création à Paris d'une école spéciale de boulangerie et meunerie, avec station d'essai des grains, farines et matériel.*

M. L.-V. Lockert rappelle que l'Exposition de meunerie-boulangerie et des industries qui s'y rapportent, organisée à Paris, en 1885, sous le patronage de M. le Ministre de l'Agriculture, parait avoir exercé la plus heureuse influence sur nos meuniers et nos boulangers dont un grand nombre se sont munis, depuis lors, d'appareils perfectionnés.

Mais la réforme ne portera tous ses fruits que lorsqu'ils auront pour faire usage de ce *nouvel outillage* un *personnel nouveau,* affranchi de la routine qui règne encore dans un grand nombre de minoteries et boulangeries. C'est pour créer ce personnel nouveau que M. Lockert estime qu'il est urgent d'organiser une école pratique de meunerie-boulangerie. Cette école aurait pour complément une station d'essais ; 1° pour l'examen des grains au point de vue de leurs qualités nutritives; 2° pour l'analyse des farines, l'application de leur valeur panifiable et leur classement en douane; 3° pour l'expérimentation de tous appareils et machines propres à la mouture et à la panification.

M. le Président remercie M. Lockert de son intéressante communication sur l'utilité de laquelle il appelle l'attention des Membres de la Société.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. F.-A. Bourdon, P.-E. Chouanard, X. Gosselin, P. Minié, A.-J. Picard, P. Pie y Allue, M.-A. Romain, A.-J. Ruelle, comme membres sociétaires.

Et de M. Charollais, comme membre associé.

MM. J. Aurientis, C. Brunon, J. Cabantous, L. David, J. Dybowski, P. Edelmann, E.-A. Fuertès, E. Massière, Th. Pérard, M.-A. Péreire, A. Sommaire et B. Taljanski, sont reçus membres sociétaires.

Et M. L. Hannoyer, membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 FÉVRIER 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. G. Collin demande à répondre à une observation présentée par M. V. Langlois, dans la dernière séance.

S'il a appelé, dans sa communication sur les voitures automobiles, véhicules à moteurs à pétrole des véhicules à moteurs à gazoline et à produits similaires, c'est parce qu'il n'a pas cru devoir désigner ces véhicules autrement que ne l'avaient fait les constructeurs. Il ne croit pas qu'il ait pu se produire quelques confusions, car il a non seulement indiqué que les moteurs étaient à essence de pétrole, mais il a même donné la densité, c'est-à-dire la caractéristique du produit employé.

D'ailleurs, cette dénomination, impropre actuellement, de véhicules à pétrole sera bientôt justifiée, car notre Collègue, M. Ch. Jeantaud, vient de terminer la construction d'une voiture, et MM. de Dion et Bouton construisent un tricycle dont les moteurs doivent fonctionner au *pétrole lampant*.

M. HAUET demande que l'ancien usage qui consistait à afficher les noms des candidats à la Société, actuellement abandonné, soit rétabli; c'est là d'ailleurs une nécessité du règlement.

M. LE PRÉSIDENT dit que cette demande est, en effet, conforme au règlement; il donnera des ordres pour qu'à l'avenir les noms des candidats soient affichés ainsi que ceux de leurs parrains.

M. E. DE MARCHENA a envoyé la lettre suivante relative aux observations de M. P. Regnard sur le funiculaire de Belleville :

« Paris, 14 février 1895.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Dans notre dernière réunion, notre Collègue M. Regnard, parlant du trafic du funiculaire de Belleville, a fait une observation qui a, je crois, surpris beaucoup de personnes, à savoir :

» Que les recettes kilométriques de ce tramway (180 à 200 000 *f* par an) étaient supérieures à celles de n'importe quel chemin de fer français, recettes dont il disait que le maximum ne dépasse pas 160 000 *f* par kilomètre.

» Je ne sais sur quelles bases notre Collègue s'est placé pour faire cette dernière évaluation. S'applique-t-elle à une ligne particulière ou bien à des réseaux entiers qui sont évidemment formés de parties productives et d'autres qui ne le sont pas du tout?

» Dans tous les cas, il me semble que sa comparaison est ou inexacte ou pas équitable, car il est facile de signaler nombre de lignes françaises qui, sur des longueurs bien supérieures à celle du funiculaire de Belleville, réalisent des recettes kilométriques de beaucoup plus importantes avec des tarifs encore moindres.

» Je citerai notamment :

» 1° La ligne *Bastille à la Varenne* qui, sur une longueur de 17 *km*, transporte annuellement 14 millions de voyageurs en faisant une recette annuelle totale de 5 102 000 *f*, soit plus de 300 000 *f* par kilomètre.

» 2° La ligne *Paris-Auteuil*, qui, sur une longueur de 8 *km*, transporte annuellement 20 millions de voyageurs en faisant une recette annuelle de 3 500 000 *f*, soit 437 500 *f* par kilomètre.

» Sur le tronçon Courcelles-Saint-Lazare, la recette kilométrique est encore bien plus élevée.

» Si, d'autre part, nous faisons la comparaison sur les prix de transport, nous voyons :

» 1° Que le funiculaire fait payer suivant les heures 0,10 *f* et 0,05 *f*, en moyenne environ 0,095 *f*, ce qui donne 0,0475 *f* pour la recette kilométrique par voyageur;

» 2° Que sur la ligne Bastille-la Varenne, la recette kilométrique par voyageur ne dépasse pas 0,0214 *f* et sur la ligne d'Auteuil 0,022 *f*, c'est-à-dire moins que la moitié.

» Sous les deux rapports, les chemins de fer peuvent donc revendiquer l'avantage.

» J'ai pris la liberté de vous transmettre ces quelques observations pour éviter la confusion que les chiffres cités par M. Regnard pouvaient peut-être faire naître sur la puissance comparée de transport de nos grandes voies ferrées et d'une ligne quelconque de tramway, voire même du funiculaire de Belleville.

» A mon avis, les remarquables résultats obtenus sur cette dernière ligne montrent une fois de plus l'avantage des tarifs réduits dans les questions de transport.

» Veuillez agréer, etc. » E. DE MARCHENA. »

Après ces observations, le procès-verbal de la séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer la mort de trois de nos Collègues.

M. Ch.-E. Battaille, membre de la Société depuis 1878, a été dessinateur à la Compagnie de matériel des chemins de fer à Bruxelles, de 1854 à 1858, et inspecteur du matériel à la grande Société des chemins de fer russes, 1865-1869.

M. M.-A.-T. Combes, membre de la Société depuis 1887; a été Ingénieur attaché à la Compagnie du chemin de fer du Midi, administrateur de la Société anonyme des chaux hydrauliques de l'Homme-d'Armes, et de la Société anonyme le *Journal des Travaux publics*.

M. S. Dunnett, architecte, chef de service des Bâtiments de la Compagnie du Nord, chevalier de la Légion d'honneur, membre de la Société depuis 1891. Il lui sera consacré une notice nécrologique.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Lacazette a été nommé officier d'Académie.

M. LE PRÉSIDENT donne lecture d'une lettre de M. Dubreuil, Président du comité du Génie civil de la Société industrielle du Nord de la France, membre correspondant de la Société, au sujet des *essais de transmission par câbles et courroies* et ainsi conçue :

« Lille, 5 février 1895.

» Dans le but de compléter, par une étude générale sur les transmissions par câbles et par courroies, les expériences qui ont été entreprises en 1894, par le Comité du Génie Civil de la Société Industrielle, à l'aide d'un moteur de 200 *ch* actionnant alternativement par câbles et par courroies, une résistance fixe de 2 000 lampes à incandescence, j'ai l'honneur de vous prier de vouloir bien répondre au questionnaire que je me permets de vous adresser.

» Je vous remercie à l'avance de votre réponse, et vous prie d'agréer, etc.

» *Le président du Comité du Génie Civil et de la Commission des essais câbles-courroies,*

» V. DUBREUIL,

» *Ingénieur-Architecte,*

» *26, boulevard de Paris — Roubaix.*

» 1° Nature de la commande du moteur à vapeur : Câbles ou Courroies?

» 2° Puissance transmise : nombre et diamètre des câbles, *ou* nature et dimensions de la courroie (épaisseur et largeur)?

» 3° Distance entre les axes; diamètre du volant et de la poulie d'attaque; nombre de tours du volant?

» 4° Date de l'installation des câbles ou de la courroie; son prix, tout monté ?

» 5° Coût approximatif de l'entretien annuel; durée de marche ?

» 6° Nature de l'industrie conduite ?

» 7° Opinion personnelle sur le choix de l'installation ?

» 8° Nature des accidents survenus, leur nombre et leur cause ?

M. LE PRÉSIDENT signale parmi les ouvrages reçus un beau volume dû à M. Gustave Richard; c'est le tome premier d'un très important traité sur les machines-outils.

M. Ed. Gruner a la parole pour présenter l'*Analyse statistique des houillères de France en 1893*.

Ce travail paraîtra *in extenso* au Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gruner d'avoir bien voulu communiquer à la Société ces documents d'un haut intérêt dont l'origine officielle est pour nous un gage de leur exactitude.

M. Gruner, ajoute M. le Président, a pour ainsi dire déterminé les conditions d'existence de notre pays, puisque, après nous avoir entretenu de la production des houillères de la France, il nous en a fait connaître les besoins et la loi qui en régit l'accroissement.

Il nous a fait connaître, comme conséquence de l'examen de ces statistiques, le nombre d'années, encore considérable, pendant lesquelles les besoins de la consommation sont assurés; il nous a rappelé, d'autre part, que, en dehors des gisements connus et exploités, il en existe encore beaucoup d'autres dont l'importance autrement considérable, viendra influer, dans une mesure que nous ne pouvons que difficilement soupçonner à l'heure actuelle, sur la situation respective des contrées dans lesquelles leur exploitation aura été entreprise.

L'épuisement des houillères actuellement exploitées, mais qui pour beaucoup d'entre elles ne s'effectuera que d'une manière progressive et dans un avenir encore extrêmement éloigné, amènera néanmoins un déplacement successif des centres de civilisation.

Quand les houillères exploitées en Europe, loin d'accroître leur production, seront obligées de la diminuer, elles seront bien près d'être remplacées par celles qui sont sur le point de se créer, ou qui ne manqueront pas de le faire sur ces gisements dont il nous a été parlé et qui, bien qu'incomplètement explorés, ont été reconnus d'une richesse extrême, en particulier en Asie et en Afrique.

M. le Président, en terminant, adresse ses remerciements au nom de la Société à M. Gruner.

L'ordre du jour appelle la *Discussion de la communication de M. de Longraire sur les Séismes et les Volcans.*

M. le Président dit qu'il avait invité à venir apporter leurs lumières à la Société MM. Fouqué, de Lapparent et Stanislas Meunier; ces savants n'ont pu, par suite d'empêchements de diverses natures, se rendre à cette invitation; mais ils ont adressé les lettres suivantes dont il est donné lecture.

Lettre de M. A. de Lapparent.

« Paris, 8 février 1895.

» Monsieur le Président,

» Je vous suis fort reconnaissant de votre gracieuse invitation; malheureusement, il me sera impossible d'en profiter : car, le 15 février, à l'heure même où vous discuterez la thèse de M. de Longraire, je serai retenu à la Société de Géographie par mes fonctions de Président.

» Je le regrette d'autant plus que j'aurais aimé à faire ressortir, devant le public distingué de votre Société, à quel point la manière de voir de M. de Longraire me paraît peu fondée, et quelle prodigieuse disproportion il y a entre la cause *minuscule* qu'il invoque et l'importance de phénomènes qui affectent à la fois des centaines de mille kilomètres carrés.

» Ne pouvant le faire, j'ai du moins l'honneur de vous adresser, pour la Bibliothèque de votre Société, l'étude que j'ai récemment consacrée à cette question dans *Le Correspondant.*

» Veuillez agréer, Monsieur, l'expression de ma considération la plus distinguée.

» A. de Lapparent. »

M. le Président dit que la brochure, *sur l'Équilibre de la terre ferme* dont parle M. de Lapparent dans sa lettre, est déposée à la Bibliothèque.

Lettre de M. Stanislas Meunier.

« Paris, le 13 février 1895.

» Monsieur le Président,

» Je suis extrêmement flatté de l'invitation que vous voulez bien m'adresser au nom du Comité de la Société des Ingénieurs Civils de France d'assister à votre prochaine séance et je vous en remercie très sincèrement. Malheureusement, mon temps est pris le vendredi et il m'est impossible, à mon grand regret, de répondre comme je l'aurais voulu à cette convocation; je dois renoncer à cet honneur.

» Je n'aurais, du reste, rien pour le moment à ajouter à ce que j'ai dit dans ma publication de la *Revue scientifique* qui a été citée dans la discussion du mois de novembre : je n'ai pas la prétention de savoir ce qui se passe en réalité aux profondeurs souterraines d'où émane l'activité séismique et volcanique. Le seul point qui m'a séduit a été d'imaginer un procédé qui permit à l'eau de surface de pénétrer dans les laboratoires infra-granitiques d'où elle nous revient incorporée dans les laves et sous les formes diverses des émanations chaudes. J'ai assisté pendant plus de vingt ans aux efforts infructueux de géologues à la poursuite de cette solution et c'est ce qui m'a porté à croire que mon hypothèse peut avoir quelque raison d'être. Je crois en particulier qu'elle est utile pour montrer comment les laves, fondues dans un milieu saturé d'eau sous pression, peuvent acquérir les propriétés foisonnantes qui déterminent leur ascension dans les cheminées volcaniques. Mais je n'ai pas l'intention de m'obstiner dans un système qui serait reconnu inexact et je m'incline d'avance devant l'opinion des personnes qui seraient au fait des mystères souterrains.

» Veuillez agréer, je vous prie, Monsieur le Président, l'assurance de ma considération la plus distinguée.

» Stanislas Meunier. »

Lettre de M. Fouqué :

« 14 février 1895.

» Mon cher Monsieur Appert,

» Ne pouvant, à cause de l'état de ma santé, assister à la séance de la Société des Ingénieurs Civils de France à laquelle vous avez bien voulu me convier, j'ai l'honneur de vous adresser un résumé des réflexions que m'a suggérées le mémoire de M. de Longraire.

» Tout d'abord, je tiens à remercier votre confrère de l'appréciation bienveillante qu'il a donnée de mes opinions sur les tremblements de terre, et à reconnaître l'exposé fidèle qu'il a présenté de l'état de la question.

» Cependant, je suis obligé, avant d'entrer dans le fond de la discussion, de réclamer contre le scepticisme scientifique qu'il m'attribue et qui est loin d'être aussi prononcé qu'il le pense. Assurément, dans mes écrits, je me suis efforcé à maintes reprises de mettre mes lecteurs en garde contre les conclusions hasardées dont la séismologie est encombrée; j'ai fait ressortir la difficulté des observations; j'ai cherché à résister à l'entraînement de théories insuffisamment démontrées. Sur la

question si importante de la profondeur du centre d'ébranlement, j'ai écrit que les méthodes de détermination actuellement en usage ne conduisaient qu'à des résultats grossièrement approximatifs, mais j'ai pourtant eu soin d'ajouter que ces résultats étaient fort intéressants et *nullement à dédaigner*. D'ailleurs, la persistance avec laquelle je n'ai cessé depuis trente ans de m'occuper de l'étude des tremblements de terre suffit pour montrer que, loin de considérer cette étude comme à jamais stérile, j'ai cru au contraire qu'on pouvait en élucider peu à peu les principaux traits. Je n'insiste pas davantage sur ce fait, persuadé que mon honorable contradicteur voudra bien accepter ma justification.

» Examinons maintenant le fond de la question. Le problème général de la cause et de l'origine des séismes est très complexe et hérissé de nombreux problèmes d'ordre secondaire, qui sont, à mon avis, les meilleurs points accessibles à l'observation et à l'expérimentation ; c'est par des recherches de ce genre que l'on a, je crois, le plus de chances de pénétrer dans la place et de s'en rendre maître. Cependant, je ne rejette pas les plans d'attaque directe ou, en d'autres termes, j'accepte volontiers de discuter les théories générales destinées à rendre compte de l'ensemble des phénomènes séismiques.

» Toutes ces théories, sans exception, ont pour point de départ la considération du point d'origine des secousses, car, suivant que l'on suppose le centre d'ébranlement plus ou moins profondément situé, il en résulte des conséquences diverses sur la nature de la cause des séismes. On comprend, en effet, très bien, que cette cause ne puisse être la même si son siège se trouve à d'énormes profondeurs au contact d'une matière incandescente, si on le suppose compris au sein des couches solides de l'écorce terrestre, ou à des profondeurs médiocres, si on le considère comme un phénomène purement superficiel.

» Nous allons donc examiner successivement chacune de ces trois hypothèses.

» La première, très en faveur au commencement de notre siècle, a été soutenue encore à notre époque par M. Daubrée. D'après ce savant, les parties profondes de l'écorce du globe formeraient une sorte de mosaïque recouvrant un immense bain de matière fondue. En quelques points, certaines pièces de cette mosaïque, moins solidement unies et peut-être plus humectées que les autres, se détacheraient de temps en temps et s'enfonceraient dans le liquide incandescent sous-jacent. L'eau qu'elles renferment, portée tout à coup à des températures énormes, se réduirait en vapeurs, engendrant les phénomènes bien connus produits par l'expansion brusque des vapeurs et des gaz. On aurait des éruptions volcaniques quand une ouverture du sol permettrait l'expansion des matières volatiles dans l'atmosphère, et des tremblements de terre quand les explosions auraient lieu dans des espaces clos.

» Des objections graves peuvent être opposées à cette théorie.

» En premier lieu, il y a lieu de remarquer que les matériaux de la croûte terrestre sont moins denses que le liquide igné sous-jacent, lequel peut être assimilé à la lave des volcans ; il n'y a donc aucune raison pour que des parties de la mosaïque corticale terrestre se détachent et s'enfoncent. Si des pièces d'une telle mosaïque se trouvaient plongées

dans le liquide igné, elles remonteraient vite à sa surface et viendraient de nouveau s'appliquer hermétiquement contre la face inférieure de l'écorce solide du globe.

» De plus, la différence de température entre la partie superficielle du bain fondu et la partie profonde des masses solides incombantes ne peut être très grande, et, par conséquent, suffire pour amener des phénomènes explosifs. Notons encore qu'à partir d'une température d'environ 600°, l'eau se réduit en vapeur dans un volume égal au sien et que, dans de telles conditions, elle se comporte beaucoup plus comme un gaz que comme une vapeur.

» Les phénomènes volcaniques, qui s'accompagnent d'explosions, ne sont possibles que dans des points où l'écorce terrestre est remarquablement mince et où le liquide igné se maintient normalement au plus à quelques kilomètres de la surface. C'est aussi aux tremblements de terre qui se produisent dans ces régions que la théorie de M. Daubrée peut seulement être appliquée, mais elle ne convient plus aux cas où les séismes se manifestent dans des districts où l'on n'a aucune raison géologique d'attribuer à l'écorce terrestre une minceur exceptionnelle ; or, c'est cette catégorie de tremblements de terre qui est particulièrement visée dans le mémoire de M. de Longraire.

» D'après la seconde hypothèse, le foyer des séismes non volcaniques est supposé compris dans l'épaisseur des assises solides de l'enveloppe de la terre et à des profondeurs qui varient en général de 600 *m* à 20 *km*. L'action de la matière ignée n'est plus invoquée comme cause des secousses ; les séismes sont alors attribués à des éboulements souterrains, à des tassements de masses solides ou à des déplacements de roches s'écroulant dans des cavités remplies d'eau où exceptionnellement occupées par des gaz.

» La circulation des eaux souterraines, les ravinements et les dissolutions qu'elles opèrent sur les roches dans les canaux qu'elles parcourent, jointes à l'action de la pesanteur, seraient ainsi les causes efficientes du genre de séismes en question.

» A l'appui de cette manière de voir, on note la fréquence des tremblements de terre dans les régions qui ont été le siège de dislocations géologiques et leur rareté extrême dans les contrées dont le sol est régulièrement stratifié ; dans le premier cas, le terrain est pour ainsi dire miné à l'avance, et préparé pour l'effet destructeur des eaux et pour les éboulements profonds.

Joignons à cela qu'en Suisse, par exemple, où les tremblements de terre sont fréquents, l'observation montre que les années les plus riches en séismes sont aussi celles qui ont été pluvieuses, celles dans lesquelles le travail souterrain des eaux a été le plus marqué.

» Notons encore, avec tous les géologues, que les tremblements de terre ont leur siège de prédilection le long des côtes, régions généralement très fracturées, au voisinage des grandes nappes d'eau, dont elles démontrent l'influence.

» Enfin, les méthodes diverses utilisées pour déterminer la position des foyers séismiques s'accordent pour attribuer à ceux-ci des profondeurs modérées, mais cependant notables. Il est vrai que ces méthodes

sont imparfaites et que parfois on les trouve d'une application difficile, mais il ne faut pas, avec M. de Longraire, penser qu'elles ne peuvent conduire qu'à des résultats incohérents. Elles sont assez pratiques pour qu'on en puisse tirer parti dans la plupart des cas. Ordinairement, quand on les applique à un cas particulier, on ne peut s'empêcher d'être frappé de l'accord de leurs résultats, malgré la diversité des principes sur lesquels elles reposent. Tous les observateurs qui y ont eu recours ont été unanimes, par exemple, pour fixer à une très petite profondeur le siège du tremblement de terre d'Ischia et à une très grande celle du tremblement de terre de Charleston. La méthode de Seebach, particulièrement, a fourni des renseignements extrêmement précieux toutes les fois que l'on a pu se procurer des données tant soit peu fidèles sur l'heure d'arrivée des secousses dans les localités diverses. Dans ces dernières années, les indications des séismomètres, jointes aux tracés des courbes, recueillies dans les observatoires magnétiques, ont fourni des résultats concordants, tout à fait dignes d'attention, mais dont l'exposé dépasserait évidemment les bornes de cette notice.

» Je dirai seulement que les faits constatés seraient encore bien plus probants, si l'on pouvait compter sur des observations horaires exactes. Si quelque jour les horloges des chemins de fer et des grandes Administrations publiques sont réglées à une seconde près, la question de la position des foyers séismiques et, par suite, celle de leur origine seront bien près d'être résolues.

» Pour l'instant, la théorie que je viens d'exposer est celle qui jouit de la faveur presque universelle des géologues et des physiciens. Cependant, il en existe une troisième d'après laquelle les tremblements de terre ne seraient que des phénomènes tout à fait superficiels, et il en serait de même de leurs causes. Le glissement accidentel d'une couche de terrain meuble sur le flanc d'une colline ou près du bord d'un escarpement, constituant une sorte de déclenchement, amènerait un mouvement vibratoire du sol qui déterminerait à son tour d'autres déplacements du terrain et des mouvements multipliés capables de produire l'ensemble d'effets désastreux caractéristique d'un tremblement de terre. J'ai à peine besoin de faire ressortir tout ce qu'une pareille conception a d'hypothétique et le contraste qui existe entre le peu d'importance du point de départ supposé et la grandeur des effets produits. Ce contraste est tel et le désaccord des faits observés avec le mécanisme que comporte la théorie est si grand qu'il n'y a pas lieu d'en entreprendre la réfutation.

» Cependant M. de Longraire, en mettant en doute l'existence de foyers séismiques profonds, semble implicitement pencher pour cette dernière théorie. Ses conclusions laissent croire qu'il n'existe pas autre chose de réel dans les phénomènes séismiques que ceux dont l'homme est témoin oculaire et trop souvent la victime. Les chocs venant de la profondeur qui soulèvent les pavages les mieux établis sur un sol horizontal, les grondements souterrains comparables aux roulements du tonnerre, passent pour lui inaperçus. Je critiquerais donc très vivement sa manière de voir, si je n'y voyais autre chose que le désir de se maintenir dans le domaine pratique de l'Ingénieur, en laissant de côté toute question théorique.

» Les désastres causés par les séismes atteignent les édifices les plus solides et ébranlent les massifs montagneux les plus imposants, mais il est incontestable qu'ils sont singulièrement aggravés par le manque de stabilité des assises superficielles du sol et par le mauvais état ou la mauvaise disposition des habitations. Par conséquent, il est évident que l'art de l'Ingénieur et de l'Architecte peut contribuer, dans une large mesure, à l'atténuation du fléau dans les régions qui sont le théâtre habituel de ses dévastations.

» Veuillez, mon cher Monsieur Appert, agréer mes plus cordiales salutations.

» F. Fouqué, *de l'Institut.* »

M. le Président dit que la Société, tout en regrettant vivement l'absence de MM. Fouqué, de Lapparent et Stanislas Meunier, leur est très reconnaissante d'avoir bien voulu résumer leurs opinions dans les lettres très intéressantes qui viennent d'être lues. Il donne la parole à M. Aug. Moreau.

M. Auguste Moreau rappelle qu'à la suite de la communication de M. de Longraire, différentes personnes émirent leurs idées sur les causes probables des phénomènes volcaniques et séismiques, et la Société parut divisée en deux camps : les uns, partisans de l'ancienne théorie ignée, considérant les volcans comme l'émanation d'un noyau central resté fluide; les autres, plus disposés au contraire, à voir dans ces phénomènes le résultat de l'infiltration des eaux terrestres dans les profondeurs.

A ce point de vue il est regrettable que MM. Stanislas Meunier, Fouqué et de Lapparent n'aient pu assister à la séance et prendre part à la discussion : il serait certainement résulté du choc des idées, des conclusions, ou au moins de grandes lignes qui auraient fortement éclairé le problème.

Tout le monde connait l'explication, fort séduisante, du feu central dont les volcans ne seraient que les soupapes de sûreté. M. Moreau ne veut pas s'étendre sur l'existence même de ce feu central qui lui parait fort discutable actuellement. Il est certain que la terre, et tout le système planétaire auquel elle appartient, a passé par l'état nébuleux, fluide, pâteux et solide. Sur cette hypothèse première, tout le monde est d'accord; où l'on commence à différer, c'est sur l'existence actuelle de ce foyer interne, beaucoup de personnes pensant que notre globe est entièrement solidifié, comme une coulée de fonte sortant d'un haut fourneau et recouverte de ses scories.

Mais là n'est pas la question aujourd'hui; en admettant même que ce feu central existe, M. Moreau pense que les volcans n'en sont en rien la conséquence et n'ont avec lui aucune relation.

Les volcans, considérés, en effet, comme soupapes de sûreté, fonctionneraient d'une manière absolument contraire à toutes les lois de la physique. D'après le principe de Pascal, la pression doit être rigoureusement la même dans tous les points de la masse fluide, toutes les soupapes doivent supporter la même charge sur la même surface et s'ouvrir toutes à la fois quand cette charge est dépassée; or on constate constamment le contraire; il n'y a pas la moindre corrélation entre les

diverses éruptions volcaniques et l'on voit même quelquefois un volcan présentant plusieurs cratères qui n'entrent pas en éruption en même temps. Cela est d'autant plus surprenant qu'une cheminée ainsi tracée à l'avance constitue, dans l'écorce un point faible, un débouché tout indiqué pour la matière en fusion, qui devrait s'y précipiter de préférence.

Et qu'on ne vienne pas objecter les éboulements ou autres obstacles venant s'opposer au passage de la lave, puisque celle-ci a su se frayer, une première fois, un chemin là où il n'y en avait pas. La force d'impulsion intérieure est d'ailleurs énorme : tout le monde se rappelle le Krakatoa qui lança dans les airs 18 milliards de mètres cubes de cendres, pesant 36 millions de tonnes et avec une telle force qu'elles firent deux fois le tour du globe avant de retomber.

La soupape de sûreté, considérée comme telle, serait, en outre, bien insuffisante pour un semblable foyer et ce dernier mettrait bien de la complaisance à ne pas éclater. Un de nos Collègues, M. Bon, dans un ouvrage fort remarquable et d'une haute portée philosophique, intitulé *Création et Éternité*, a traité incidemment cette question des volcans. Il démontre que le nombre total des volcans connus étant au plus de 300, dont les cratères ont en moyenne un demi-hectare de superficie, la soupape de sûreté totale ne représenterait guère qu'une piqûre d'aiguille sur une sphère d'un mètre de diamètre !

La température augmente bien d'un degré tous les 30 à 33 *m*, ce qui peut s'expliquer, comme le fait M. Bon, par la compression des couches d'air à mesure qu'on descend. En admettant même que le réchauffement soit personnel aux couches terrestres, il est certain que cette progression, sur le chiffre de laquelle on n'est d'ailleurs pas d'accord, ne se continue pas très loin. Il est probable qu'à un moment donné, à une distance suffisante de l'atmosphère, c'est-à-dire loin des causes de refroidissement par contact ou par rayonnement, la température du globe est constante.

Dans le cas contraire, on aurait, au centre de la terre, la modeste température de 200 000 degrés à laquelle il n'est pas téméraire d'affirmer que rien ne résisterait : la terre repasserait à l'état de nébuleuse.

D'ailleurs, d'après les calculs fort précis et très aisés à établir des astronomes, la densité de la terre est de 4,48. Or, les roches les plus denses que nous connaissions à la surface, ne pèsent que 2,90; les produits qui sont au centre doivent donc avoir une densité comprise entre 7 et 8, ce qui indiquerait comme matière dominante le fer. Et cela n'a rien que de très naturel, quand on pense à la façon dont le fer est répandu partout, dans la terre que nous foulons aux pieds, dans le sang des animaux, dans les végétaux, etc.

M. Auguste Moreau conclut donc, qu'à son avis, les phénomènes éruptifs n'ayant aucune corrélation avec le noyau liquide, s'il existe, il faut chercher leur origine d'un autre côté.

Or, depuis plus de trente ans, le distingué Professeur, M. de Selle, enseignait, à l'École Centrale, que ces phénomènes étaient dus à l'infiltration des eaux, et nombre d'esprits éminents se sont rencontrés avec lui sur ce terrain.

Tous les volcans, en effet, sont au milieu de la mer, comme en Océanie, ou au bord de celle-ci, ou d'une grande nappe d'eau, dont ils

ne sont jamais séparés, que par une distance relativement faible. Les déjections volcaniques contiennent une très forte proportion de vapeur d'eau, les produits décomposés sont ceux de l'eau, comme l'ont démontré péremptoirement MM. Sainte-Claire-Deville et Fouqué. M. Jansen a fait mieux; il a corroboré ces constatations en reconnaissant dans les gaz des cratères, le chlore, le sodium et l'hydrogène, au moyen du spectroscope : or, chacun sait que ce sont les produits fondamentaux de l'eau de mer.

Donc, l'eau joue un rôle prépondérant dans tous ces phénomènes.

On ne sait naturellement pas au juste comment agissent les eaux, pas plus que les partisans du feu central ne savent comment travaillent les éléments de leur noyau fluide et hypothétique. Mais il est vraisemblable que ces eaux s'infiltrant à la longue dans les profondeurs, soit par des fentes, soit par capillarité, agissent par trois moyens différents :

1° Par échauffement naturel. Sans se continuer jusqu'au centre de la terre, l'échauffement progressif constaté d'un degré tous les 33 mètres, suffit, sans aller à une très grande profondeur, pour donner une température assez élevée et des pressions énormes. A *trois kilomètres* l'eau est déjà à 100°, c'est-à-dire à l'état de vapeur; on voit aisément à quelle température et à quelle pression elle peut se trouver à 15 ou 20 *km*, profondeur parfaitement admissible, et quels effets de bouleversement elle peut produire dans de pareilles conditions.

2° Les eaux de la mer, qui sont salées, peuvent, en rencontrant certaines substances, produire des réactions chimiques entraînant des dégagements de chaleur, de lumière (Volcans de Limeri et autres).

3° Pour les mêmes motifs, ces eaux peuvent produire des phénomènes électriques, former des éléments de piles, aiguillonner les courants électriques déjà existants (la terre n'est, on le sait, qu'un gros aimant), et amener de nouvelles décompositions chimiques, ou l'incandescence de certains corps mauvais conducteurs, comme cela se produit dans la plus élémentaire de nos lampes électriques.

Voilà, semble-t-il, un ensemble de causes bien suffisantes pour expliquer ces productions soudaines de forces intérieures qui entraînent des tremblements de terre, des soulèvements et même des éruptions, suivant les cas et la violence des phénomènes.

On objectera bien à cette théorie les volcans éteints : il est facile de répondre que ces volcans se sont éteints quand les eaux se sont retirées de leur pied : tel est le cas des volcans d'Auvergne par exemple. Les partisans du noyau liquide seraient certes bien plus embarrassés pour en donner une explication aussi simple et aussi rationnelle.

En résumé :

La fluidité de la terre à l'origine n'est pas douteuse, mais l'existence actuelle du feu central est beaucoup plus problématique. Il est donc impossible de lui attribuer des phénomènes qui se passent journellement sous nos yeux, et qu'on peut expliquer facilement d'une autre manière. Autant vaudrait dire qu'on n'a aucune explication logique à en donner.

Quant aux phénomènes volcaniques, ils résultent certainement, non pas de ce feu central hypothétique, mais bien du travail calorifique, chimique et électrique de l'infiltration des eaux.

M. P.-F. Chalon considère que parmi les nombreuses théories qui, à différentes époques, ont cherché à expliquer les tremblements de terre et leurs causes, il en est une plus particulièrement attrayante : c'est celle qui leur donne pour origine la décharge de violents courants électriques entre la croûte terrestre et l'atmosphère.

Cette théorie émise, pour la première fois, croit-il, par un Allemand, M. Offern, avait séduit l'un des plus grands électriciens de notre temps, le regretté Planté qui, en 1888, écrivait dans la « *Lumière Électrique* » (1) :

« Ce sont les masses nuageuses électrisées de l'atmosphère qui, lorsqu'elles ont accumulé une grande quantité d'électricité, peuvent exercer une attraction assez puissante sur la partie fluide du globe terrestre pour produire des dislocations de la mince croûte solide qui la recouvre. Cette puissance mécanique de l'électricité de l'atmosphère eût paru autrefois difficile à concevoir, mais on peut s'en faire une idée aujourd'hui en voyant les effets mécaniques et calorifiques considérables qu'on obtient avec l'électricité artificielle, si minime cependant vis-à-vis de celle de la nature. »

On a observé, en effet, que les tremblements de terre sont toujours précédés de perturbations atmosphériques, et qu'ils produisent sur les appareils électriques et magnétiques les mêmes effets que les orages terrestres. Suivant l'expression populaire si caractéristique, on *sent l'orage*, on *sent l'électricité dans l'air*. Et cette sensation toute spéciale est bien connue de ceux qui ont habité les pays où les tremblements de terre sont fréquents; elle agit encore plus vivement sur les animaux qui paraissent en éprouver une véritable souffrance; le chien, entre autres, à l'approche de la tempête séismique, manifeste sa terreur par de longs et lugubres hurlements.

Donc, il n'est pas possible de nier le rôle joué par les courants électriques, soit comme cause principale, soit comme secondaire importante des tremblements de terre.

D'ailleurs, le globe terrestre n'est-il pas un immense réservoir d'électricité accumulée à chaque instant en tous points par les actions les plus diverses? D'abord, des actions physiques : magnétisme, chaleur interne, variations de température, vaporisations, condensations, etc.; puis, des actions chimiques : dissolutions, décompositions, reconstitutions et combinaisons, et enfin des effets mécaniques dus à la rotation de la terre, aux frottements, etc.

Toutes ces actions, tous ces mouvements donnent naissance à des effluves électriques qui se dégagent du sol et se diffusent dans l'atmosphère, avec plus ou moins de facilité selon le degré de résistance qu'elles rencontrent. Certains terrains, en effet, sont mauvais conducteurs : les calcaires, les roches siliceuses, les sables alluvionnaires, par exemple. D'autres, au contraire, présentent une grande facilité au passage du courant : tels sont les gisements et les filons métallifères et, en particulier, ceux qui possèdent des propriétés magnétiques comme les dépôts de magnétite, d'hématite, le fer chromé, la pyrite magnétique et les nombreuses roches dans lesquelles entre comme élément le minéral magnétite.

(1) La *Lumière Électrique*, tome XXVII, n° du 25 février 1888.

C'est ce qui explique cette particularité bien connue que les tremblements de terre font surtout sentir leurs effets destructeurs dans les sols alluvionnaires et les sols calcaires. Ces terrains, mauvais conducteurs de l'électricité, opposent une énorme résistance au courant; celui-ci s'y accumule, finit par acquérir une haute tension et se décharge avec fracas dans l'atmosphère.

Il n'en est plus de même dans les régions minières dont le sol est sillonné de passages conducteurs sous forme d'amas et de filons métallifères. Ceux-ci sont comme des cordons ou lignes d'évacuation que les courants traversent facilement pour se répandre ensuite dans l'atmosphère sans provoquer de commotions violentes.

Si l'on admet cette théorie et les explications précédentes, il faut en déduire, comme conséquence, que l'effet des tremblements de terre ne peut être que superficiel, puisque ceux-ci sont le résultat de décharges électriques entre le sol et l'atmosphère. Et c'est ce qui a réellement lieu.

Les secousses séismiques n'affectent que la surface de la croûte terrestre, à tel point qu'à une profondeur souvent très faible l'effet produit est absolument nul.

Le fait a été maintes fois constaté dans les mines métalliques de l'Amérique du Sud, où jamais l'on ne ressent de commotions, lors même que la tempête séismique est assez violente pour produire des désastres et même des catastrophes à la surface.

Deux savants naturalistes, Antonio Raymondi au Pérou, et Ignace Domeyko au Chili, racontent leur surprise quand, au sortir d'une mine, il leur arriva de constater l'épouvante à la surface et les désastres produits par les secousses, alors que dans la mine, à une faible profondeur, personne n'avait rien ressenti.

Qui ne connaît encore ces surprenants effets de transports produits par la foudre aussi bien que par les tremblements de terre, et comment douter d'une origine commune entre les orages terrestres et les tempêtes séismiques ?

Sur mer, à bord des navires, l'on ressent des secousses de tremblements de terre, et généralement sans qu'il soit possible d'observer une agitation insolite de la masse liquide.

A une époque plus ancienne, les mouvements terrestres ont été plus importants et plus violents; car on peut assimiler les mouvements géologiques à nos tremblements de terre actuels, quoique ceux-ci ne produisent plus que bien rarement de grandes perturbations ou même de simples modifications dans les assises terrestres. La cause de cette atténuation peut être attribuée soit à un plus grand degré de résistance ou de consolidation des roches, soit encore à une diminution de la force séismique. Il est certain que l'activité volcanique du globe paraît diminuer de plus en plus; ainsi, et pour n'en citer qu'un exemple frappant, la Cordillère des Andes, de l'Amérique centrale à la Terre de Feu, comporte une multitude de pics cratériformes, presque tous anciens volcans éteints ; or, c'est à peine si l'on en trouverait aujourd'hui une dizaine en activité.

Toute cette côte du Pacifique est dans un état d'agitation continuelle, signalée, sur le cordon littoral, par des soulèvements fréquents et des

émanations gazeuses ; mais ces mouvements sont lents, ne produisent ni dislocations, ni ruptures, et sont en tous points analogues aux grands soulèvements des dernières époques géologiques dont la constitution indique clairement qu'ils ne sont pas le résultat d'une poussée violente, mais qu'ils ont été produits par une série d'effets lents successifs. Et, même à cette époque ancienne, les actions ont été principalement superficielles, car les massifs de montagnes sont généralement constitués par des couches stratifiées qui ont conservé leur parallélisme sans se rompre ni se disloquer, et leur soulèvement ne peut pas être attribué à une violente poussée des roches plutoniques, car, s'il en était ainsi, celles-ci se seraient fait jour jusqu'à la surface à travers les strates. Or, ce fait ne s'observe qu'en de très rares circonstances.

Ce qui explique encore l'effet considérable, quoique superficiel des tremblements de terre, c'est l'extrême facilité avec laquelle le sol proprement dit, c'est-à-dire la partie supérieure de la croûte terrestre, propage les secousses à d'énormes distances. C'est bien le cas cité par Karl Fuchs, d'une plaque de verre mise en mouvement vibratoire par un simple coup d'archet, et l'expérience des grands sautages de mines à la poudre ou à la dynamite le démontre encore mieux.

On peut citer, à ce propos, les observations très circonstanciées faites lors du dérochement du Flood Rock, à Hell Gate, dans la baie de New-York. Ce travail gigantesque fut effectué, en 1885, sous la direction du général Newton. Une charge totale de 128 250 *kg* d'explosifs, répartie entre 1261 fourneaux de mine, fut mise en feu par le courant électrique. La division de cette énorme quantité d'explosifs (dynamite et rackarock) en une multitude de petites charges, avait pour but d'éviter les dégâts qu'une trop violente explosion eût peut-être produits dans une ville aussi considérable que New-York. Ce résultat fut pleinement atteint, car le bruit de la détonation fut relativement faible et le choc ressenti dans le voisinage peu important. C'est à peine si l'on eut à constater quelques vitres brisées, et quelques rares plâtras de plafonds détachés dans les habitations d'Astoria à 6 ou 700 *m* du centre de l'explosion.

Les charges étaient réparties sous une épaisseur de roche variant de 2,50 *m* à 8 *m*.

En évaluant à 10 000 *kg* seulement la pression développée par l'explosion de 1 *kg* de dynamite, on voit que la charge de 128 250 *kg* a dû développer une pression totale de 1 282 500 000 *kg*.

Cette énorme pression a disloqué et brisé la mince couche rocheuse qu'il s'agissait d'enlever, puis, par l'évent ainsi dégagé, assimilable à un cratère de volcan, l'eau de la baie a été soulevée jusqu'à 60 *m* de hauteur sur 400 *m* de longueur et 250 *m* de largeur.

La commotion communiquée au sol, par ce sautage que l'on peut appeler superficiel, en raison du peu de profondeur d'éclatement des charges, s'est cependant fait ressentir très loin. On l'a constatée, à l'Université d'Harward, à 342 *km* de distance, 200 secondes après le moment précis de la mise à feu.

L'oscillation produite par la secousse s'est, par suite, propagée avec une vitesse de $\frac{342\,000}{200} = 1\,710\,m$ par seconde.

Il faut donc, en résumé, considérer que l'effet des tremblements de terre est en général superficiel, et qu'il n'affecte les terrains proprement dits qu'autant que ceux-ci présentent un véritable caractère d'instabilité ou sont susceptibles de se désagréger ou de s'ébouler sous le plus petit effort, sous la moindre secousse.

M. D.-A. Casalonga rappelle que dans la remarquable étude historique comparative et déductive qu'il a faite sur les séismes et les volcans, M. de Longraire a bien voulu citer deux articles qu'il avait publiés dans la *Chronique Industrielle*, non pas pour *répondre*, comme il le dit, à M. Stanislas Meunier, mais pour examiner et discuter les ingénieuses hypothèses que ce savant a formulées pour expliquer les causes de ces phénomènes.

Après avoir bien défini et mis au point son sujet, après avoir fait l'histoire des travaux antérieurs sur les séismes et comparé entre elles les diverses théories émises et les diverses observations relevées, M. de Longraire, joignant ses propres observations à toutes celles déjà rapportées par de nombreux auteurs, établit, comme conclusion générale, que les tremblements de terre doivent être attribués à des *effets mécaniques de surface* provenant de *glissements des masses superficielles* du sol.

Sa proposition principale est ainsi formulée :

« Les grands désastres produits par les tremblements de terre non volcaniques sont dus, *le plus souvent*, au manque de stabilité des couches superficielles de l'écorce terrestre. »

Notre Collègue appuie sa conclusion par l'exposé des travaux exécutés au cours de sa carrière active, où il a pu s'assurer que des mouvements glissants des terrains de surface ont été enrayés par un assèchement local et un muraillement établi à la base des massifs en mouvement; et cela lui fait exprimer cette autre proposition complémentaire :

« Les éboulements, aux abords des chemins de fer, se rapportent également, mais sur une échelle *très réduite*, à cette grande question de stabilité. »

Lorsqu'on compare les effets dynamiques produits par un tremblement de terre violent à ceux que l'esprit et le raisonnement peuvent attribuer au glissement superficiel d'une partie — même assez importante — du sol, on est porté à admettre qu'un tel glissement, fût-il activé par une cause accidentelle, ne peut produire que très difficilement des effets dynamiques désastreux. On admettra, plutôt, que les effets du phénomène — glissements, crevasses, éboulements, refoulements — doivent être aisément visibles à l'œil nu et que la catastrophe ne peut acquérir un caractère de spontanéité et d'intensité capables de produire ces secousses redoutables qui ébranlent et renversent les édifices les plus solides.

On n'en est pas à douter du glissement de certaines parties du sol; mais ce glissement est toujours lent. Entre la gravité qui tend à entraîner un massif situé dans une position instable, sur une assise inclinée, et le frottement qui s'exerce à la base de ce massif sur l'assise fixe, il y a toujours un équilibre presque complet; et cet équilibre ne peut être sensiblement rompu que si la cause accidentelle, que l'on vient d'indiquer,

rend plus glissante la couche de glissement; de plus, et à moins qu'il ne s'agisse de terrains très pendants, vers un lac, une vallée profonde ou plongeant assez profondément par leur base dans la mer, le sol se trouve sans cesse appuyé sur lui-même.

Ce qui prouve le peu d'intensité de ce transport en surface, c'est que, dans tous les cas où, par suite de travaux exécutés, il a pu être constaté, on l'a toujours trouvé à l'état de mouvement très lent que l'on a presque toujours pu enrayer. M. de Longraire en fournit lui-même de nombreux exemples empruntés à sa propre pratique d'Ingénieur.

C'est donc ailleurs, semble-t-il, que dans les glissements superficiels, qu'il faut chercher les causes, ou la cause unique, des séismes intenses.

Notre Collègue, du reste, paraît un peu l'admettre lui-même implicitement : car c'est seulement le *plus souvent*, qu'il donne pour cause des séismes, les glissements superficiels. D'autre part, il convient que c'est suivant une échelle *très réduite* que les éboulements constatés aux abords des chemins de fer peuvent être rapportés également à la question de stabilité des massifs appuyés sur des assises inclinées.

Il semble même qu'il y ait, dans sa proposition principale, comme un doute; et entre cette proposition et la proposition secondaire comme une contradiction.

Si c'est le *plus souvent*, mais non *toujours*, que les glissements superficiels peuvent expliquer un séisme intense, c'est qu'un tel phénomène peut être encore expliqué par une autre cause. Et si cette cause était bien et dûment connue, il est probable qu'elle fournirait une meilleure explication des effets observés dans tous les cas et qu'on n'en chercherait pas d'autre.

D'autre part, si les effets produits par les glissements constatés aux abords des chemins de fer ne peuvent être rattachés aux effets, autrement étendus et intenses, des vrais séismes, que d'après une échelle *très réduite*, on n'en peut tirer aucune conséquence certaine en faveur de la première proposition.

Que, dans un fort séisme, les terres superficielles glissent, s'éboulent et soient crevassées et bouleversées, on ne saurait le mettre en doute; mais la question n'est-elle pas de savoir si c'est le glissement, l'éboulement, des terres superficielles, qui donnent lieu au séisme; ou si ce n'est pas plutôt le séisme qui, par son ébranlement, a provoqué ces glissements ou ces éboulements.

L'opinion qui veut qu'un séisme ait sa source dans les profondeurs du sol — quelle que soit, d'ailleurs, l'hypothèse relative au noyau central en fusion — et qu'il soit le résultat d'un choc dû à une chute ou à une explosion, ébranlant la masse environnante et principalement la masse supérieure, est non seulement l'opinion qui a été conçue, exprimée de tout temps et caractérisée par ces mots : *tremblement de terre*, mais encore celle qui explique le mieux les effets constatés et qui semble la plus rationnelle. Divers savants l'ont adoptée, et, parmi ceux que cite M. de Longraire, Gay-Lussac, d'après Young, Karl Fuchs, MM. Fouqué, Daubrée et Stanislas Meunier.

Il est vrai que la cause qui produirait ces chutes, ces explosions, ne

semble pas avoir été, jusqu'ici, suffisamment bien expliquée pour que l'on pût y croire en toute assurance.

M. Daubrée a présenté une explication qui paraît, au premier abord, fondée, en attribuant les séismes à l'action explosive de l'eau, confinée à haute température dans des cavités souterraines tour à tour fermées, comme autant de chaudières prêtes à éclater, ou bien en communication avec un volcan plus ou moins lointain.

Par sa grande capacité calorifique, par les très hautes pressions que peut prendre sa vapeur aux températures élevées (300 à 1 200°) auxquelles on suppose qu'elle peut monter, aux profondeurs de 9 à 30 *km*, l'eau peut expliquer les effets dynamiques les plus prodigieux, et on peut certainement la considérer comme le facteur le plus important d'un séisme.

Cependant, on ne conçoit pas que l'eau emprisonnée dans le sol puisse agir comme M. Daubrée le suppose. Est-il admissible que, malgré la gravité, la pression, la capillarité, elle puisse atteindre, à l'état d'eau, les températures de 300 à 1 200°? et qu'elle puisse pénétrer dans des cavités d'où, une fois entrée, elle ne pourrait plus sortir que par une explosion? Il y a là, pour cette hypothèse du savant membre de l'Académie des Sciences, un sérieux obstacle.

Cet obstacle, M. Stanislas Meunier semble l'avoir aperçu et tourné en modifiant l'hypothèse de son devancier. Il suppose également l'existence, dans les profondeurs de l'écorce terrestre, de cavités chaudes, mais vides, où tomberaient d'immenses bancs de terres ou roches hydratées dont l'eau d'hydratation, par suite de la haute température locale et de celle due au choc, se vaporiserait instantanément en formant un centre d'explosion irrésistible qui secouerait et fracturerait les masses supérieures.

L'hypothèse de M. Stanislas Meunier peut être considérée comme un sérieux perfectionnement de celle de M. Daubrée, et comme ayant fait faire à la question un bon pas en avant. La seule objection que M. Casalonga croit pouvoir y faire, avec une réserve que commande son insuffisance, est relative aux causes qui, d'après le savant professeur du Muséum d'histoire naturelle, donnent naissance par plissement aux cavités et déterminent les chutes des blocs calcaires hydratés. C'est au lent refroidissement du noyau du globe et à une action particulière exercée, de haut en bas par les couches extérieures plissées, sur les blocs enserrés dans les failles, qu'il faudrait attribuer la chute de ces blocs; et M. Stanislas Meunier a appuyé cette opinion de très ingénieuses expériences démonstratives.

Mais le refroidissement du noyau du globe, à supposer que ce noyau existe, peut-il bien être considéré comme ayant une valeur journalière, ou même annuelle, assez sensible pour que l'on puisse y trouver la cause primordiale des séismes? Pendant la période de près de dix mille ans que l'esprit humain peut embrasser, par l'histoire ou la tradition, la température de l'écorce terrestre n'a pas varié en moyenne d'une fraction de degré. D'autre part, si, au cours de cette longue période, un refroidissement général sensible s'était produit, il aurait dû, sous l'effet de la contraction correspondante et l'action de la pesanteur, produire

plutôt, dans l'écorce terrestre, un degré de serrage et de stabilité excluant toute idée de l'existence de cavités souterraines.

Pour mieux ajuster aux séismes les hypothèses formulées par MM. Daubrée et Stanislas Meunier, en se fondant sur les effets de l'eau, il faudrait pouvoir expliquer la formation des cavités et les chutes, d'importance diverse, des masses supérieures sur les assises inférieures, sans même devoir supposer que ces assises inférieures sont profondes et appartiennent à des zones ignées desquelles il semble impossible que l'eau puisse même s'approcher, à moins d'y arriver par masses.

La cause de ces chutes plus ou moins étendues, et plus ou moins brusques ou soudaines, doit être faible et lente mais surtout continue, comme l'est le phénomène séismique lui-même, lequel est, pour ainsi dire, en permanence dans les entrailles du sol.

C'est à la recherche de cette cause que M. Casalonga a cru pouvoir appliquer certaines idées personnelles, déjà exposées quelque part, à propos de la « circulation de l'éther et de la matière », d'après le principe des forces «ives.

D'après cette hypothèse, l'écorce terrestre est constamment traversée et comme finement ravinée, du fond à la périphérie, ou inversement, par un échange de courants continus d'éther, tour à tour éloigné du centre par la force centrifuge et l'action de la chaleur, ou rappelé vers ce même centre, par suite du vide central dû à la force centrifuge même. Mêlé au gaz et aux vapeurs qui se forment sous l'influence de la pression, de la chaleur et des actions physico-chimiques qui en résultent, ce fluide subtil, source de tous les phénomènes naturels, entraîne constamment à l'état divisé et au dehors, où elle se reconstitue, pour revenir en arrière, une partie de la matière sous-jacente, que tend à remplacer, à mesure, la matière pondéreuse massive, laquelle, sous l'action de la pesanteur, s'avance et se serre sans cesse, sur les couches inférieures, en y développant la quantité de chaleur correspondante.

L'intensité de ces courants est variable suivant la nature ou la température des zones traversées, et suivant l'état de l'atmosphère. Elle est maximum au droit du satellite de la Terre en raison de la masse absorbante de ce satellite et de ses mouvements de translation et de rotation qui provoquent le phénomène de la marée, lequel s'accomplit à des degrés, et suivant des modes divers, non seulement sur les océans et les mers intérieures, mais dans l'air et sur les eaux souterraines dont les niveaux oscillent et se déplacent lentement suivant un flux et reflux capillaires, nécessairement limités par le frottement des terres. Il en résulte, suivant la nature et la régularité des *strates*, une érosion, une dissolution, permanentes, avec évaporation plus ou moins lente, de ces strates devenues fluentes ou dont la résistance va sans cesse en s'affaiblissant jusqu'au moment où, disparues par écoulement, ou évaporées ou refoulées dans des couches poreuses, et ne pouvant plus supporter le poids des parties supérieures, ces parties supérieures s'écroulent.

La dissolution des masses calcaires par l'eau, chargées d'acide carbonique, et agissant sous une certaine pression, est très notable. Ce rôle important a été, tout récemment encore, mis en évidence par M. David Levat, Ingénieur civil des Mines, dans une remarquable étude sur

l'*Industrie des phosphates*, et où il expose une théorie générale de formation des gisements :

« Le pouvoir de dissolution de l'eau chargée d'acide carbonique sur le calcaire et sur les marnes est, dit-il, un phénomène bien connu. On ne se rend pas cependant compte, en général, de la puissance de ce pouvoir dans les conditions où il a pu, et où il peut s'exercer encore, dans les étages géologiques où les eaux superficielles circulent. »

Et après avoir indiqué quelle est, sous diverses pressions, la puissance dissolvante de l'eau à zéro pour l'acide carbonique, M. David Levat ajoute :

« On s'explique donc que, dans la profondeur du sol et des mers, à des pressions infiniment supérieures à celles que nous pouvons reproduire dans nos laboratoires, l'action dissolvante des eaux puisse avoir une intensité hors de proportion avec nos notions courantes sur la solubilité des roches dans les eaux superficielles.

» En définitive, l'eau chargée d'acide carbonique sous la pression qu'elle acquiert, dans les profondeurs de l'écorce terrestre, est un véritable acide, assez énergique, même pour attaquer les feldspaths ; elle enlève à ceux-ci leur soude, leur potasse, leur magnésie, en mettant la silice en liberté. »

M. E. Rigaud, dans un travail récent publié dans la *Revue scientifique*, en se plaçant au point de vue particulier de la formation de la houille, a également fait ressortir le rôle puissant des eaux dissolvantes dans la profondeur du sol.

Ainsi c'est dans l'usure, le lavage, la désagrégation des roches inférieures et dans la formation, par dissolution et refoulement, de cavités souterraines profondes contenant de l'eau ou des gaz, que nous trouverions la cause des explosions et des chutes qui engendrent les séismes, tant volcaniques que non volcaniques. On trouve, dans cette hypothèse le puissant « Coup de marteau », la violente et soudaine explosion, qui seuls peuvent expliquer l'ébranlement des étages supérieurs, et leur dislocation suivant la nature de leur constitution géologique, les uns s'affaissant sur des couches molles qui font irruption dans la mer, en donnant lieu quelquefois à de terribles ras de marée ; les autres résistant ou bien se fracturant en donnant lieu à des crevasses, à des glissements, en un mot, aux bouleversements qui caractérisent de telles catastrophes.

Cette hypothèse, si elle était fondée, ne laisserait malheureusement aux hommes aucun espoir de pouvoir conjurer l'effet des séismes, autrement qu'en établissant leurs constructions d'une manière spéciale et sur des couches supérieures résistantes ; car, ainsi que le faisait remarquer avec une grande justesse M. de Longraire, lorsqu'une tempête séismique parcourt et secoue une région superficielle terrestre, ce sont les parties meubles, sans consistance, qui ondulent et s'agitent, pendant que les parties rocheuses vibrent généralement sans être bouleversées.

En terminant ce rapide examen de l'importante étude de notre distingué Collègue, M. Casalonga n'aurait garde d'oublier de lui rendre un hommage amplement mérité par le nombre et la précision des faits rapportés, l'ingéniosité des aperçus, l'indépendance des appréciations, et le souci de voir progresser la science de ces séismes si redoutés, qui trou-

blent et inquiètent, presque journellement, les populations qu'elles frappent quelquefois bien cruellement.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. Bergeron précédemment inscrit pour prendre part à la discussion de la communication de M. de Longraire.

M. J. BERGERON dit qu'il se tient à la disposition de l'Assemblée, mais que, vu l'heure avancée, il serait peut-être préférable de remettre sa communication à une autre séance, d'autant qu'il aura à discuter plusieurs points dans les diverses théories qui viennent d'être exposée devant la Société.

La communication de M. Bergeron est remise à la prochaine séance.

Il est donné lecture, en première présentation, de la demande d'admission de M. E.-A. Coutant.

MM. A.-J.-E. Amiot, F.-A. Clerc, Ch. Frémont ont été, dans la séance du 18 janvier, reçus membres sociétaires.

MM. F.-A. Bourdon, P. Chouanard, X. Gosselin, P. Minié, A.-J. Picard, J. Pié y Allué, M. Romain, A.-J. Ruelle sont reçus membres sociétaires et M. Ph.-F. Charollois, membre associé.

La séance est levée à 11 heures et demie.

NOUVEAU
PROCÉDÉ DE CALCUL DES EFFORTS
SUPPORTÉS PAR LES ÉLÉMENTS
D'UNE POUTRE DROITE A TREILLIS

chargée symétriquement et reposant sur deux appuis

PAR

M. E. MONET

I

Préliminaires. — Définitions. — Notations.

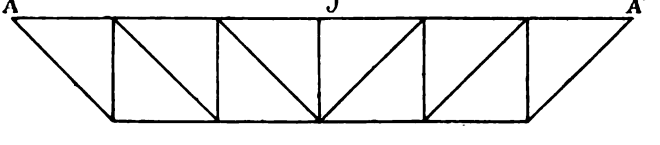
L'étude que nous développons au sujet de la poutre droite à treillis, chargée dans les conditions que la pratique offre le plus généralement, conduit à plusieurs remarques intéressantes dont l'application simplifie la recherche des efforts qui prennent naissance dans les divers éléments constitutifs de cette poutre, et permet de déterminer immédiatement la section qu'il faut donner à ces éléments pour que chacun d'eux travaille, dans le cas le plus défavorable, à un certain nombre, R, de kilogrammes par unité de section, c'est-à-dire à n'employer que le minimum de matière et cela sans faire usage de *formule de résistance* ou *d'épure statique*.

Poutres simples.

Il existe quatre types de poutres simples :

1° La poutre *Pratt (fig. 1)*.
2° La poutre *Howe (fig. 2)*.
3° La poutre *Warren (fig. 3 et 4)*.
4° Les poutres en N.

Fig. 1



Nous savons du reste comment, par la juxtaposition de ces poutres à treillis simples, on arrive à composer les autres.

Fig. 2

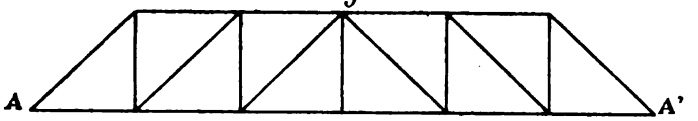


Fig. 3

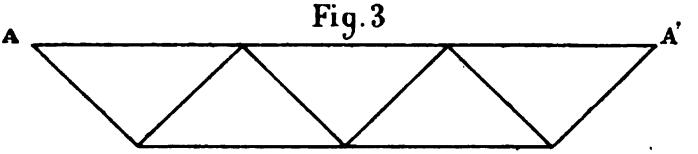
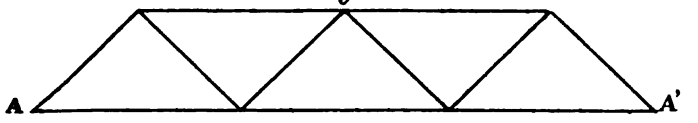


Fig. 4



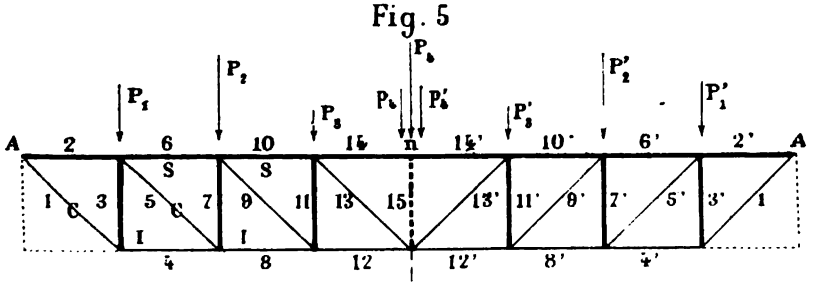
Nous étudierons d'abord plus particulièrement la poutre Pratt *(fig. 1)* et nous étendrons nos conclusions aux deux autres.

Poutre Pratt.

Soit la poutre Pratt représentée par la figure 5.

Elle se compose d'un certain nombre de panneaux, séparés par des barres verticales V ou *poinçons*, reliés entre eux par des barres

Fig. 5



de treillis inclinées à 45° et portant le nom de *contre-fiches* C; de sorte que chaque panneau forme un carré dont la dimension est *h*, hauteur de la poutre.

Les brides S; 2, 6, 10, 14, constituent la *membrure supérieure*, et les brides I; 4, 8, 12, la *membrure inférieure*.

NOTATIONS

La poutre est *symétrique* par rapport à son milieu, c'est-à-dire qu'à droite et à gauche du poinceau médian se trouvent n panneaux.

Dans le cas de la figure 5, $n = 4$, $2n = 8$.

Les panneaux seront désignés : dans la première moitié de la poutre, par leur rang de placement, 1, 2, 3 ... $(n - 1)$, n; et leurs symétriques, dans la seconde moitié, par $(1)'$, $(2)'$, $(3)'$ ... $(n - 1)'$, $(n)'$.

Un panneau quelconque de rang k comporte donc cinq barres.
Les deux poinçons de rang $(k - 1)$ et k qui le limitent;
Les deux brides (sup. et inf.) de rang k.
Une contre-fiche ... de rang k.

Nous désignerons par leurs initiales S, I, C, V, les différents éléments d'un panneau et nous affecterons ces lettres d'un indice qui indique le rang du panneau considéré.

Ainsi :

S_k effort dans la bride *supérieure* du panneau de rang k.
I_k — — *inférieure* — —
V_k — — le *poinçon* — —
C_k — — la *contre-fiche* — —

Charges symétriques (fig. 5). — La poutre, avons-nous dit, est chargée symétriquement, ce qui veut dire que si un nœud m supporte la charge P_m, le nœud symétrique m' supportera une charge $(P_m)' = (P_m)$.

Dans ces conditions la poutre sera chargée des forces extérieures :
$P_1, P_2, P_3, \ldots, P_n$ et de leurs symétriques $(P_n)', \ldots, (P_3)', (P_2), (P_1)'$.

Charge du milieu. — Conformément à ces notations, et afin de *conserver* la *symétrie*, on devra décomposer la charge P_n, appliquée au nœud médian, en deux forces $p_n = p'_n$ égales $1/2\,P_n$, appliquées en n et dont l'ensemble reconstitue P_n. Ceci est indispensable et l'oubli de cette remarque conduirait à des mécomptes.

TABLEAU N° I

Pour la détermination des efforts dans les membrures.

A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
					a								
P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	P_1	
P_2	P_2	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	$2P_2$	
P_3	P_3	$2P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	$3P_3$	
P_4	P_4	$2P_4$	$3P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	$4P_4$	
α					β								
P_5	P_5	$2P_5$	$3P_5$	$4P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	$5P_5$	tang α
P_6	P_6	$2P_6$	$3P_6$	$4P_6$	$5P_6$	$6P_6$	$6P_6$	$6P_6$	$6P_6$	$6P_6$	$6P_6$	$6P_6$	
P_7	P_7	$2P_7$	$3P_7$	$4P_7$	$5P_7$	$6P_7$	$7P_7$	$7P_7$	$7P_7$	$7P_7$	$7P_7$	$7P_7$	
P_8	P_8	$2P_8$	$3P_8$	$4P_8$	$5P_8$	$6P_8$	$7P_8$	$8P_8$	$8P_8$	$8P_8$	$8P_8$	$8P_8$	
P_9	P_9	$2P_9$	$3P_9$	$4P_9$	$5P_9$	$6P_9$	$7P_9$	$8P_9$	$9P_9$	$9P_9$	$9P_9$	$9P_9$	
P_{10}	P_{10}	$2P_{10}$	$3P_{10}$	$4P_{10}$	$5P_{10}$	$6P_{10}$	$7P_{10}$	$8P_{10}$	$9P_{10}$	$10P_{10}$	$10P_{10}$	$10P_{10}$	
P_{11}	P_{11}	$2P_{11}$	$3P_{11}$	$4P_{11}$	$5P_{11}$	$6P_{11}$	$7P_{11}$	$8P_{11}$	$9P_{11}$	$10P_{11}$	$11P_{11}$	$11P_{11}$	
P_{12}	P_{12}	$2P_{12}$	$3P_{12}$	$4P_{12}$	$5P_{12}$	$6P_{12}$	$7P_{12}$	$8P_{12}$	$9P_{12}$	$10P_{12}$	$11P_{12}$	$12P_{12}$	

B

II

Application de la méthode. — Tableaux ou barèmes.

La méthode que nous nous proposons de faire connaître demandant quelques développements sinon difficiles, du moins un peu longs, nous croyons faciliter l'intelligence de ce mémoire en indiquant, dès à présent, le résultat obtenu. Le lecteur suivra alors avec plus d'intérêt les calculs dont il connaîtra le but.

Cette manière d'exposition aura aussi l'avantage de mettre en évidence la simplicité de la méthode puisque, sans aucune connaissance théorique, sans le secours de calculs ou d'épures, on pourra désigner de suite, d'une façon rigoureuse, l'effort qui se produit dans une barre prise au hasard dans la poutre considérée. Tout réside dans l'emploi des deux tableaux ci-joints. Le premier de ces tableaux sert à la détermination des efforts des brides supérieures et inférieures (page 233). Le second, aux efforts subis par les contre-fiches et poinçons (page 236).

Les colonnes verticales indiquées 1, 2, 3..., se rapportent aux rangs successifs des panneaux, premier, deuxième, troisième, etc..., et les lignes horizontales, avec les entrées désignées P_1, P_2, P_3,..., donnent les efforts que provoquent les charges dans ces panneaux.

Ayant écrit la première ligne horizontale 1, 2, 3 ... n, ainsi que la première colonne verticale P_1, P_2, P_3,... P_n, on peut composer de suite les tableaux en observant la loi de formation qui est évidente, sur laquelle nous reviendrons, et remarquant le rôle séparatif de la diagonale AβB. L'addition des colonnes successives donne les efforts cherchés.

Application a un exemple

Veut-on connaître les efforts qui se développent dans une poutre composée de $8 = 2n$ panneaux symétriques où sont appliquées les charges *(fig. 5)*.

$$P_1,\ P_2,\ P_3,\ \left|\ P_4\ \right|\ (P'_3),\ (P'_2),\ (P'_1)$$

En se conformant à la remarque de la page 232, on remplacera P_4 par $p_4 = p'_4 = \frac{P_4}{2}$

1° *Brides supérieures (comprimées).* — On utilisera la partie AαB α du premier tableau, c'est-à-dire le carré contenant les $n = 4$ premières colonnes horizontales et verticales, et on additionnera successivement les colonnes verticales correspondant aux 1er, 2e, 3e, 4e panneaux.

On aura ainsi :

$(2) = S_1 = P_1 + P_2 + P_3 + p_4$ addition de la 1re colonne verticale
$(6) = S_2 = P_1 + 2P_2 + 2P_3 + 2p_4$ — 2e — —
$(10) = S_3 = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 3p_4$ — 3e — —
$(14) = S_4 = P_1 + 2P_2 + 3P_3 + 4p_4$ — 4e — —

La loi de formation est telle qu'avec un peu d'habitude on peut la retenir et écrire de suite, sur le croquis, les valeurs successives de S.

Si on fait $P_1 = 2t$, $P_2 = 3t$, $P_3 = 1t$, $p_4 = 2t$ $(P_4 = 4t)$,

on a :
$$\begin{cases} S_1 = 2 + 3 + 1 + 2 = 8\,000\ kg \\ S_2 = 2 + 2\,(3 + 1 + 2) = 14\,000\ kg \\ S_3 = 2 + 2 \times 3 + 3\,(1 + 2) = 17\,000\ kg \\ S_4 = 2 + 2 \times 3 + 3 \times 1 + 4 \times 2 = 19\,000\ kg \end{cases}$$

2° *Brides inférieures (tendues).* — Comme nous démontrons que $I_k = S_{k-1}$ on a de suite les valeurs de I.

I_1 n'existe pas.
$(4) = I_2 = S_1 = (2) = 8\,000\ kg$
$(8) = I_3 = S_2 = (6) = 14\,000\ kg$
$(12) = I_4 = S_3 = (10) = 17\,000\ kg$

3° *Contre-fiches (tendues).* — On utilisera le second tableau ou barème de la même façon que le premier et on aura successivement :

$(1) = C_1 = \sqrt{2}(P_1 + P_2 + P_3 + p_4)$ addition de la 1re colonne verticale
$(5) = C_2 = \sqrt{2}(P_2 + P_3 + p_4)$ — 2e —
$(9) = C_3 = \sqrt{2}(P_3 + p_4)$ — 3e —
$(13) = C_4 = \sqrt{2}(p_4)$ — 4e —

TABLEAU N° 2

Pour la détermination des efforts dans les contre-fiches et poinçons.

A	1	2	3	4	a 5	6	7	8	9	10	11	12	
P_1	$P_1\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P_2	$P_2\sqrt{2}$	$P_2\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P_3	$P_3\sqrt{2}$	$P_3\sqrt{2}$	$P_3\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
P_4	$P_4\sqrt{2}$	$P_4\sqrt{2}$	$P_4\sqrt{2}$	$P_4\sqrt{2}$	β 0	0	0	0	0	0	0	0	
α P_5	$P_5\sqrt{2}$	$P_5\sqrt{2}$	$P_5\sqrt{2}$	$P_5\sqrt{2}$	$P_5\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	0	0	$\frac{\cos\alpha}{\sqrt{2}}$
P_6	$P_6\sqrt{2}$	$P_6\sqrt{2}$	$P_6\sqrt{2}$	$P_6\sqrt{2}$	$P_6\sqrt{2}$	$P_6\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	0	
P_7	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	$P_7\sqrt{2}$	0	0	0	0	0	
P_8	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	$P_8\sqrt{2}$	0	0	0	0	
P_9	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	$P_9\sqrt{2}$	0	0	0	
P_{10}	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	$P_{10}\sqrt{2}$	0	0	
P_{11}	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	$P_{11}\sqrt{2}$	0	
P_{12}	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	$P_{12}\sqrt{2}$	

B

Dans l'exemple numérique que nous avons choisi, on a :

$$\sqrt{2} = 1\,414 \begin{cases} C_1 = \sqrt{2}(2^T + 3^T + 1^T + 2^T) = 8^T\sqrt{2} = 11\,312\ kg \\ C_2 = \sqrt{2}(3 + 1 + 2) = 6^T\sqrt{2} = 8\,484\ kg \\ C_3 = \sqrt{2}(1 + 2) = 3^T\sqrt{2} = 4\,842\ kg \\ C_4 = \sqrt{2} \times 2 = 2^T\sqrt{2} = 2\,828\ kg \end{cases}$$

4° *Poinçons (comprimés).* — Nous démontrerons qu'on a la relation $C_k = V_k\sqrt{2}$ ou $V_k = \frac{C_k}{\sqrt{2}}$ qui, du reste, n'est autre chose que l'effort tranchant.

Dans le cas actuel on a :

$$(3) = V_1 = 8\,000\ kg.$$
$$(7) = V_2 = 6\,000\ kg.$$
$$(11) = V_3 = 3\,000\ kg.$$
$$(15) = V_4 = 2\,000\ kg.$$

Tel est le résultat que nous tenions à faire connaître et que nous allons maintenant justifier. Nous dirons plus loin comment les calculs se modifient si les contre-fiches, au lieu d'être inclinées à 45°, sont inclinées d'un angle α.

III

Démonstration.

L'étude de l'épure statique obtenue par le procédé *Cremona*, appelé aussi procédé des *figures réciproques*, que l'on a parfois critiqué à cause des nombreuses lignes qu'il exige, nous a conduit à l'interprétation de propriétés géométriques qui se traduisent par des relations métriques simples entre les longueurs de ces lignes ou forces qu'elles représentent et dont l'application, faite au paragraphe précédent, constitue la méthode que nous proposons.

Comme à une propriété géométrique correspond toujours une équation d'équilibre, nous avons pu donner une solution analytique qui groupe mieux les faits et que nous exposerons en premier lieu, renvoyant à une note spéciale pour la solution géométrique qui, dans l'ordre de nos recherches, a précédé la solution analytique; ce qui est naturel, car l'emploi de figures constitue la meilleure méthode d'invention; en parlant aux yeux, les figures sont intuitives, elles font prévoir des propriétés que l'on s'efforce ensuite de vérifier par la géométrie pure, ou par l'analyse.

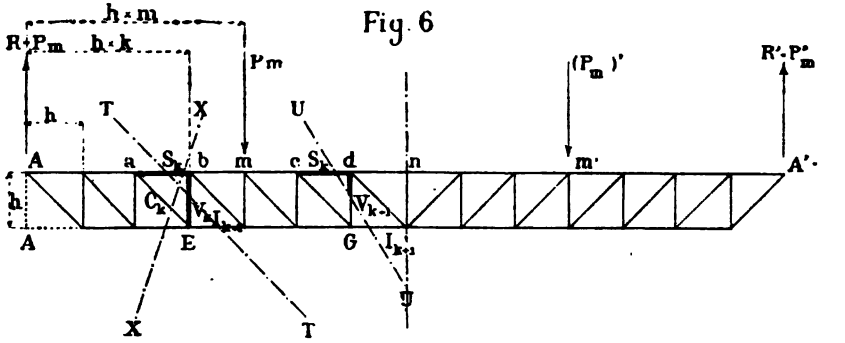
DÉMONSTRATION ANALYTIQUE *(fig. 6)*

Cas de deux forces égales P_m, $(P_{m'})$ *appliquées aux nœuds symétriques m, m'.*

Soit A*m*, *m*'A' une poutre simple en treillis, à membrures parallèles et rectilignes, supportant deux forces égales P_m, $(P_{m'})$, appliquées aux points symétriques *m* et *m'*.

Ces forces divisent la poutre en trois intervalles A*m*, *mm'*, *m*'A' *(fig. 6)*.

Fig. 6



1° Pour un panneau de rang *k*, situé dans le *premier intervalle* A*m*, on a :

$$k \leqslant m - 1.$$

2° Un panneau du *second intervalle mm'* occupe nécessairement un rang *k* tel que $k \geqslant m$.

Recherchons les efforts qui se développent dans chacun de ces intervalles.

THÉORÈME

Ce théorème comprend quatre parties relatives aux quatre genres de barres S, I, C, V.

I. Membrure supérieure S (comprimée). — *L'effort de compression* S_k *supporté par la bride supérieure de rang* k *est égal :*

1° à $S_k = kP_m$ si $k \leqslant m - 1$ (1er intervalle A*m*),

2° à $S_k = m \,.\, P_m$ si $k \geqslant m$ (2e — *mm'*),

c'est-à-dire que cet effort S_k *varie en avançant d'un panneau à l'autre dans l'intervalle* A*m*, *mais qu'il est constant et égal à* mP_m *tout le long de* mm'.

Démonstration (fig. 6). — $k \leqslant m - 1$, *premier intervalle* Am, où k varie de 0 à $m - 1$. Les réactions aux points d'appui A et A' sont évidemment $R = R' = P_m$.

Soit *ab* la barre supérieure de rang k située dans ce premier intervalle; coupons la poutre par la section TT qui rencontre les trois barres S_k, I_{k+1}, V_{k+1}, et écrivons qu'il y a équilibre entre les forces extérieures à gauche de TT et les forces intérieures développées dans la poutre, c'est-à-dire entre les forces R, S_k, I_{k+1}, V_{k+1}. Prenons les moments par rapport au point E et écrivons que leur somme est nulle :

$$M_E^i R + M_E^i S_k + M_E^i I_{k+1} + M_E^i V_{k+1}^e = 0$$

mais
$$\begin{cases} M_E^i I_{k+1} = 0, \; M_E^i V_{k+1} = 0 \\ M_E^i S_k = S_k \times h \\ M_E^i R = - P_m \times AE = k \times h \; . \; P_m \end{cases}$$

h étant la hauteur de la poutre ($ab = h$).

On a donc :

$$- P_m \times kh + S_k \, . \, h = 0$$

ou
$$S_k = kP_m$$

ce que nous avons annoncé.

$k > m$, *deuxième intervalle* mm'. — Soit la barre *cd* occupant le rang k situé dans ce second intervalle. Coupons par la section UU rencontrant les trois barres S_k, I_{k+1}, V_{k+1} et répétons le même raisonnement que plus haut, en prenant les moments, par rapport au point G, des forces R, P_m, S_k, I_{k+1}, V_{k+1} :

$$M_G^i R + M_G^i P_m + M_G^i S_k = 0 ;$$

mais
$$\begin{cases} M_G^i R = - P_m \times kh \\ M_G^i P_m = P_m(dA - Am) = P_m[kh - mh] \\ M_G^i S_k = S_k \times h. \end{cases}$$

On a donc : $- P_m k + P_m(k - m) + S_k = 0$

$$S_k = m \, . \, P_m \, .$$

Troisième intervalle m'A'. — Par raison de symétrie, les efforts du premier intervalle A*m* se reproduisent dans la légion *m*'A'.

Remarque. — Les deux expressions :

$$S_k = kP_m \quad \text{si} \quad k \leqslant m - 1$$
$$S_k = m \, . \, P_m \quad \text{si} \quad k \geqslant m$$

sont à retenir.

II. Membrure inférieure I_k (tendue). — *L'effort de compression I_k subi par la bride inférieure de rang* k *est toujours égal, en valeur absolue, à l'effort supporté par la bride supérieure de rang* $(k-1)$ *quel que soit l'intervalle où l'on considère le panneau, autrement dit, on a toujours :*

$$I_k = S_{k-1} \ldots \text{ (en valeur absolue).}$$

Démonstration. — Considérons la section TT qui est en équilibre sous l'action des forces R, S_k, I_{k+1}, V_{k+1}, ce qui exige que la somme des projections sur un axe horizontal soit nulle, c'est-à-dire que :

$$s_K + I_{K+1} = 0,$$

et par analogie : $I_K = s_{K-1}$ *(en valeur absolue).*

En considérant la section UU située dans le second intervalle, on arriverait à la même conclusion.

III. Poinçon vertical V. — 1° Dans le *premier intervalle* Am,

$$k < m - 1,$$

l'effort supporté V est *constant quel que soit le poinçon que l'on considère.*

$$V_k = R = \text{effort tranchant.}$$

2° Dans le *second intervalle* $(k > m)$, cet effort est *constamment nul*

$$V_k = R + P = 0;$$

cela résulte du théorème des projections.

IV. Contre-fiche oblique C. — 1° Dans le *premier intervalle* Am, $k < m - 1$, l'effort de tension des contre-fiches C *est constant* quel que soit le panneau considéré.

$$C_k = P_m\sqrt{2}.$$

Il est nul dans le *second intervalle.*

Démonstration. — Considérons le panneau de rang k et la section XX en équilibre sous l'action des forces R, S_k, C_k, I_k.

La somme des projections verticales de ces forces est nulle, c'est-à-dire :

Projection R + projection $C_k = 0$.

$$P_m + C_k \cos 45° = 0 \qquad \cos 45° = \frac{\sqrt{2}}{2}.$$

$$C = \frac{2P_m}{\sqrt{2}} = P_m\sqrt{2} = \text{(constante)} \qquad \text{si } k < m - 1$$

2° On démontrerait de même que *pour le second intervalle mm,* on a :

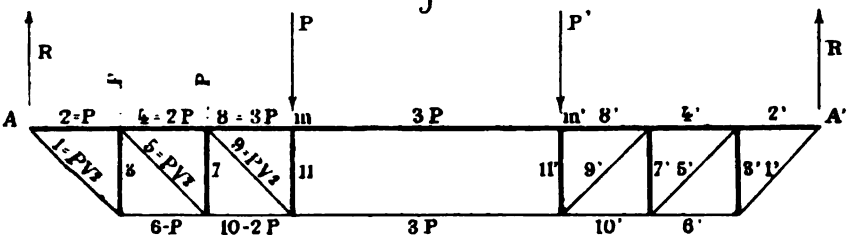
$$c = \text{proj. } (R + P_m) = 0.$$

Des deux derniers paragraphes découle le corollaire suivant :

Corollaire. — Deux forces égales symétriquement appliquées agissant sur une poutre droite, à treillis, ne *produisent aucun effort sur les poinçons et contre-fiches situés dans l'intervalle qu'elles comprennent.*

Conséquence. — Si on n'avait que deux poids égaux symétriques P et P′ à supporter, on pourrait, *théoriquement*, composer la poutre

Fig. 7



comme le montre la figure 7, les deux *membrures existant seules* et supportant, dans l'intervalle *mm′*, des efforts égaux de tension et de compression.

Deuxième cas.

Série de charges égales deux à deux et *symétriquement placées.* — Soit $(P_1 = P'_1)$, $(P_2 = P'_2)$, $(P_3 = P'_3)$ ... $(P_n = P'_n)$ une série de forces égales et symétriquement placées. On opérera pour chaque groupe comme nous venons de le faire et on ajoutera tous les efforts qui se développent sur chacune des barres.

Par exemple, considérons isolément le groupe $(P_k = P'_k)$ appliqué aux points symétriques k et (k').

Il produit dans les barres des *panneaux extérieurs*, de 1 à k, et dans celles des *panneaux intérieurs*, de $k + 1$ à n, des efforts inscrits dans le tableau ci-dessous qui donne les éléments de formation des tableaux 1 et 2, quand on donne à k les valeurs successives 1, 2, 3 ... n.

EFFORTS DÉVELOPPÉS PAR LE GROUPE $P_k = P'$										
Numéros des panneaux	1	2	3	4		k	$k+1$		$n-1$	n
Brides supérieures S.	P_k	$2P_k$	$3P_k$	$4P_k$	. . .	kP_k	kP_k	. . .	kP	kP_k
Contre-fiches C . . .	$P_k\sqrt{2}$	$P_k\sqrt{2}$	$P_k\sqrt{2}$	$P_k\sqrt{2}$	. . .	$P_k\sqrt{2}$	0	. . .	0	0
	Panneaux extérieurs.						Panneaux intérieurs.			

Établissement du tableau ou barème n° 1 pour la détermination des efforts dans les membrures *(page 233)*.

Nous supposons une poutre de n panneaux, $n = 12$, chargée des poids $(P_1 = P'_1)$, $(P_2 = P'_2)$, $(P_3 = P'_3)$,... $(P_n = P'_n)$, appliqués aux nœuds 1(1'), 2(2'),... $n(n')$, et nous inscrivons successivement dans le tableau toutes les valeurs des efforts que :

P_1 développe dans les brides supérieures,			1re	ligne	horizontale.
P_2	—	—	2e	—	—
P_3	—	—	3e	—	—

En face d'une force quelconque, P_4 par exemple, on inscrit les valeurs successives 1P, 2P, 3P, 4P qui représentent les efforts des brides des *panneaux extérieurs;* puis, au delà de la quatrième bride, on a affaire aux *panneaux intérieurs* pour lesquels l'effort est constant et égal à $mP_4 = 4P_4$.

On remarquera que l'indice est le coefficient maximum de la force et se conserve jusqu'au bout.

Du reste, la *loi de formation* est aussi simple qu'évidente.

Usage du barème. — A la page 234 nous avons, en traitant un exemple, indiqué l'usage du tableau n° 1.

Établissement du tableau n° II *(page 236)* pour la détermination des efforts dans les contre-fiches.

Il s'établit comme le précédent en utilisant les formules

$$C_k = P\sqrt{2} = \text{const.} \text{ (panneaux extérieurs)},$$
$$C_k = 0 \quad (\text{— intérieurs}).$$

Quant à son emploi, nous renvoyons le lecteur à l'exemple traité page 234.

Cas des contre-fiches inclinées d'un angle α sur les poinçons.

Nous avons jusqu'ici considéré des contre-fiches inclinées à 45°.

Les formules et les tableaux se transforment un peu quand l'angle est quelconque α.

En refaisant, pour ce cas, les calculs développés on verrait que les nouvelles valeurs des éléments horizontaux (brides) sont égales aux précédentes multipliées par tg α.

On opérera donc, comme il a été dit, avec le tableau n° 1 et on multipliera tous les résultats par (tg α).

Pour rappeler cette obligation nous avons inscrit le coefficient (tg α) à côté du barème des membrures.

Contre-fiches. — Les efforts dans les contre-fiches sont exprimés par P cos α.

Le coefficient (cos α) doit donc remplacer le coefficient $\left(\sqrt{2}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2} = \cos . 45°$, c'est-à-dire que les résultats calculés d'après le barème doivent être multipliés par $\left(\frac{\cos \alpha}{\sqrt{2}}\right)$ que nous avons aussi mis en regard du tableau n° 2 (page 236).

Poinçons. — Du fait de l'obliquité α des contre-fiches, les valeurs des poinçons ne sont pas modifiées : elles sont égales aux précédentes, au coefficient $\left(\frac{\cos \alpha}{\sqrt{2}}\right)$ près.

Remarque. — Si, comme on le fait dans la pratique pour le calcul des poutres, on remplace l'action des charges roulantes par celle d'une charge uniformément répartie, comme l'a indiqué *M. Kleitz*, on aura en chaque nœud des charges égales

$$P_1 = P_2 = P_3 = \ldots P_{n-1} = P,$$

et l'emploi des tableaux se simplifie encore.

Deuxième type. — Poutre Howe *(fig. 2).*

La poutre *Howe* n'est autre chose que la poutre Pratt renversée, c'est-à-dire qui a tourné autour de la droite AA'. On peut dire que *tout est renversé* et que les *signes de tous les efforts sont changés, ces efforts se conservant en valeur absolue.*

On déterminera donc ces valeurs absolues comme si la poutre était du type Pratt et on donnera à ces valeurs des signes convenables, savoir :

Membrure supérieure (après renversement)		comprimée.
— inférieure	—	tendue.
Contre-fiches	—	comprimées.
Poinçon	—	tendu.

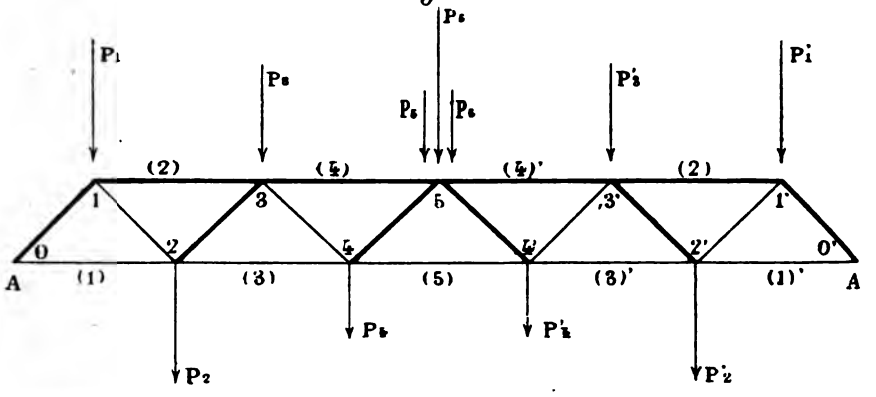
Remarque. — Les contre-fiches étant toujours plus longues que les poinçons et ceux-ci travaillant moins, on voit que la poutre Howe, où les pièces les plus longues (les contre-fiches) sont comprimées, est moins avantageuse que la poutre Pratt. Elle exigera, pour une résistance égale, une plus grande quantité de matière.

Troisième Type. — Poutre Warren.

La poutre *Warren*, qui comprend aussi bien la poutre directe que la poutre renversée *(fig. 3 et 4)*, ne comporte pas de montants verticaux, par suite, sa division en panneaux, telle que nous l'avons faite pour les poutres précédentes, n'est-elle plus possible.

On y suppléera en numérotant *(fig. 8)* dans l'ordre de leur ren-

Fig. 8



contre, en partant de A et A′, les nœuds 0, 1, 2, 3, ... 3′, 2′, 1′, 0′, où sont appliquées les charges P_1, P_2, ... P_3 ... P'_2, P'_1.

On se servira alors des tableaux en observant (ce que l'on démontrerait facilement) que :

1° *Si une bride est* OPPOSÉE *au nœud de rang* k, *l'effort qu'elle supporte est, en valeur absolue,*

$$S = P_1 + 2P_2 + 2 \ldots kP_k + kP_m + \ldots + kP_n,$$

c'est-à-dire donné par l'addition des n *premiers termes de la colonne de rang* k *du tableau n° 1 ;* sachant, du reste, que si la bride appartient à la membrure supérieure, elle est comprimée ; si elle fait partie de la membrure inférieure, elle est tendue.

2° *Si une contre-fiche* ABOUTIT *au nœud de rang* k, *la valeur absolue de l'effort qu'elle supporte est donnée par l'addition des* n *premiers termes de la colonne de rang* k *du tableau n° 2.*

Quant au genre d'effort, on le déterminera en ayant recours, s'il le faut, à la règle connue :

Une contre-fiche et sa symétrique sont toutes deux *comprimées si elles se coupent du côté de la membrure supérieure* (comprimée elle-même) ; *tendues dans le cas contraire.*

Remarque. — Dans le cas où les barres seraient inclinées d'un angle α, on ferait subir aux tableaux les modifications que nous avons indiquées page 242.

Application numérique.

Soit la poutre Warren *(fig. 8)*, sur la membrure inférieure de laquelle est uniformément répartie une charge de $2\,t$ par mètre courant.

Soient $h = 2\,m$, $AA' = 2l = 20\,m$.

Nœuds supérieurs : ... $P_1 = P_3 = P_5 = 0$.

Nœuds inférieurs : ... $P_2 = P_4 = 4 \times 2\,t = 8\,t$.

Membrures (tableau n° 1, page 7).

$(1) = 0 + P_2 + 0 + P_4 + 0 = 2P = 16\,t$, addition de la 1re colonne.
$(2) = 0 + 2(P_2 + 0 + P_4 + 0) = 4P = 32\,t$, — 2e —
$(3) = 0 + 2P_2 + 3(0 + P_4 + 0) = 5P = 40\,t$, — 3e —
$(4) = 0 + 2P_2 + 0 + 4P_4 + 0 = 6P = 48\,t$, — 4e —
$(5) = 0 + 2P_2 + 0 + 4P_4 + 0 = 6P = 48\,t$, — 5e —

Contre-fiches *(tableau n° 2, page 12).*

$(a_1) = \sqrt{2}(0 + P_2 + 0 + P_4 + 0) = 2P\sqrt{2} = 22{,}264\,t$, add. de la 1re col.
$(a_2) = \sqrt{2}(P_2 + 0 + P_4 + 0) = 2P\sqrt{2} = 22{,}264\,t$, — 2e —
$(a_3) = \sqrt{2}(0 + P_4 + 0) = P\sqrt{2} = 11{,}132\,t$, — 3e —
$(a_4) = \sqrt{2}(P_4 + 0) = P\sqrt{2} = 11{,}132\,t$, — 4e —
$(a_5) = \sqrt{2}\,0 = 0 \times \sqrt{2} = 0$ — 5e —

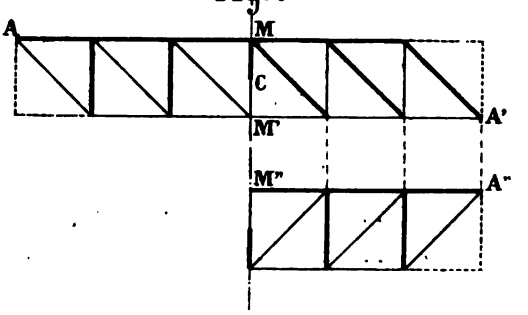
Les signes des efforts s'indiquent directement sur la figure.

On remarquera que les barres (a_5) et sa symétrique (a'_5) ne supportent aucun effort ($P_1 = P_3 = P_5 = 0$).

Poutres en N.

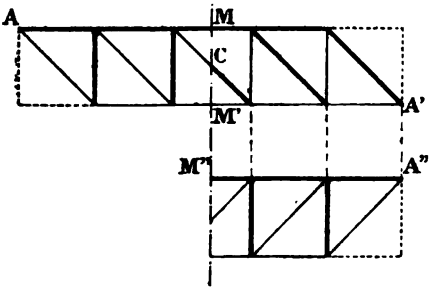
1° Dans le cas de la figure 9, la poutre est symétrique par rapport au point *c*, milieu du poinçon MM'. Pour calculer une semblable poutre au moyen des tableaux, on remarquera que la première moitié AM est une *demi-poutre Pratt*, et que l'autre moitié M'A' n'est autre chose que la *demi-poutre* M"A" *renversée*. Les tableaux 1 et 2 donneront donc toujours les valeurs absolues des efforts dont les signes s'indiqueront facilement.

Fig. 9



2° Si la poutre a un nombre impair de panneaux *(fig. 10)*, le centre de symétrie *c* est sur la contre-fiche médiane qui subit un effort nul.

Fig. 10

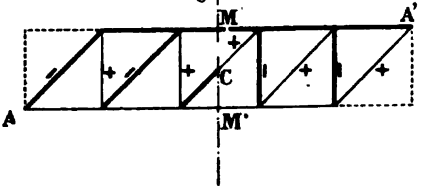


La remarque précédente subsiste encore et permet de calculer de suite les différentes barres.

Enfin, si la poutre affecte le dispositif de la figure 12, on a affaire à une poutre N *renversée* dont on saura trouver les éléments aux tableaux 1 et 2.

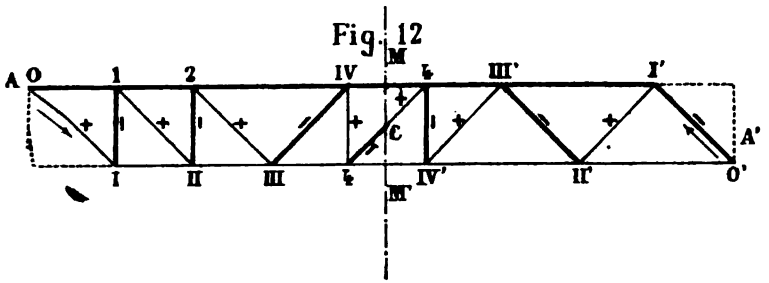
En résumé, la méthode est générale. — Quelle que soit la poutre simple à treillis *(chargée symétriquement)* formée ou non par la réu-

Fig. 11



nion, bout à bout, de fragments de poutres élémentaires, Pratt, Howe, Warren, la méthode que nous avons développée s'applique toujours.

Fig. 12



Règle des signes. — Nous terminerons en indiquant un moyen simple de reconnaître la nature des efforts dans les barres d'une poutre droite à treillis *chargée symétriquement.* On tracera la verticale médiane MM', puis on supposera un mobile partant de A, rencontrant successivement tous les nœuds et s'arrêtant à MM' : *toutes les barres sur lesquelles le mobile* DESCENDRA *seront* TENDUES (signe +) *(fig. 12, 11, 10, 9, 8); toutes les barres sur lesquelles le mobile* MONTERA *seront* COMPRIMÉES (signe —). A partir de C, le mobile cheminant vers A', le *contraire aura lieu;* autrement dit, si le mobile partait de A', les barres ascendantes rencontrées dans la partie A'M' sont comprimées (signe —) ; les barres descendantes sont tendues (signe +).

Poutres composées.

Ces poutres se décomposent en poutres simples que l'on calculera séparément, en affectant à chacune d'elles les charges que le dédoublement a séparées.

MÉTHODE GÉNÉRALE DE CALCUL

DES

POUTRES CONTINUES DROITES OU EN ARCS

s'arc-boutant, solidaires avec leurs piliers

PAR

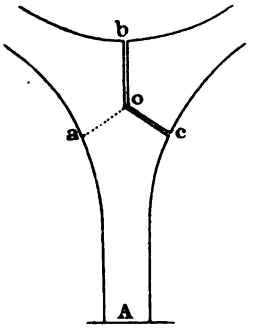
M. F. CHAUDY

Notre méthode est absolument générale et diffère de toutes celles qui ont été proposées jusqu'à ce jour. Elle repose sur l'idée de la décomposition du système en arcs ordinaires par le dédoublement des piliers intermédiaires. C'est cette idée qui en fait la valeur.

La même idée de décomposition des piliers intermédiaires en plusieurs piliers par des plans parallèles au plan de flexion trouve encore son application dans le calcul des fermes à une ou plusieurs travées et à *plusieurs étages*, toutes les parties de la construction étant solidaires les unes des autres. Je parlerai ultérieurement de ce calcul dans une note spéciale.

Les poutres continues, droites ou en arcs s'arc-boutant, lorsqu'elles font corps avec les piliers élastiques, constituent une série d'arcs accolés les uns aux autres, dont les naissances sont les bases des piliers ou les points d'appui extrêmes sur les culées. L'accolement de ces arcs, encastrés ou non, a lieu tout le long de deux piliers consécutifs, ces deux piliers accolés formant ensemble le pilier réel de la construction.

Fig. 1.



Pour résoudre le problème, il faut bien saisir les relations existant entre chacun des arcs contigus.

Imaginons qu'on sépare tous les piliers intermédiaires en deux piliers égaux par le plan de la fibre moyenne, qui est le plan de flexion. Ainsi, pour un pilier A, le plan en question fait une coupure A*aoc* (*fig. 1*). Si à toutes les coupures analogues on ajoute les coupures sur toute l'épaisseur *ob*

et les coupures sur les demi-épaisseurs antérieure et postérieure *oc* et *oa*, coupures perpendiculaires au plan de flexion, tous les arcs seront séparés et on pourra effectivement faire la séparation des deux piliers égaux A′ et A″ formés avec le pilier A, comme le montre la figure 2.

Les sections extrêmes des deux arcs venant s'arc-bouter en *o* sont *aob* et *aoc*. Soient I'_A, I''_A leurs moments d'inertie respectifs. Au même point *o* de la ligne moyenne, le moment d'inertie du pilier est celui de la section brisée *aoc*; désignons-le par I_A.

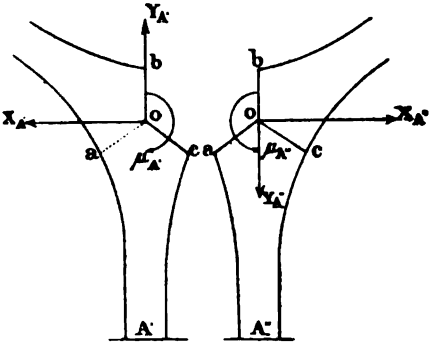
Dans les arcs séparés de la figure 2, on devra considérer en *o*, pour l'arc de gauche, un moment d'inertie *aob* $= I'_A$ et un moment d'inertie *aoc* $= \frac{I_A}{2}$. Pour l'arc de droite, on devra considérer, au point *o* de la ligne moyenne, un moment d'inertie *boc* $= I''_A$ et un moment d'inertie *aoc* $= \frac{I_A}{2}$.

oa, *ob*, *oc* sont trois normales aux fibres de la poutre en *a b*, et *c*. En pratique, il faut faire en sorte que l'on ait :

$$I'_A = I''_A = I_A.$$

Les coupures analogues à A*aoc* faites par le plan de flexion, c'est-à-dire par le plan de la fibre moyenne, ne viennent en rien diminuer la résistance du système. Seules, les coupures *ob* et les demi-coupures *oa* et *oc* ont pour effet de la diminuer. Pour rétablir les choses, il faut remplacer ces coupures par des forces X et Y appliquées en *o* et par un moment fléchissant μ *(fig. 2)*. La force $Y_{A'}$ est parallèle à la direction des piliers et nous la considérons comme positive si elle est dirigée de bas en haut. La force $X_{A'}$ est perpendiculaire à la précédente et positive si elle est dirigée de droite à gauche. Enfin, le moment $\mu_{A'}$ est positif s'il agit de gauche à droite. Les quantités $Y_{A''}$, $X_{A''}$, $\mu_{A''}$ sont les réactions respectives des quantités $Y_{A'}$, $X_{A'}$, $\mu_{A'}$. On a donc $Y_{A''} = Y_{A'}$, $X_{A''} = X_{A'}$, $\mu_{A''} = \mu_{A'}$, et ces quantités $Y_{A''}$, $X_{A''}$, $\mu_{A''}$ sont positives si elles ont les sens indiqués sur la figure 2.

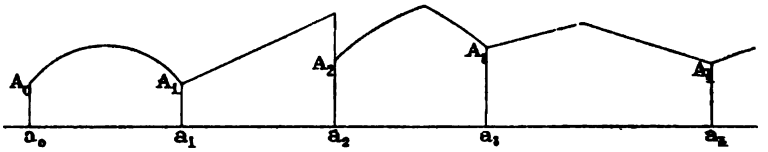
Fig 2.



Action des charges.

Considérons *(fig. 4)* les deux arcs contigus et détachés de l'ensemble de la figure 3 : $A''_{k-1}A'_k$ et $A''_kA'_{k+1}$. Les piliers $A'_ka'_k$, $A''_ka''_k$ sont égaux entre eux et forment, par leur réunion, le pilier A_ka_k

Fig. 3.

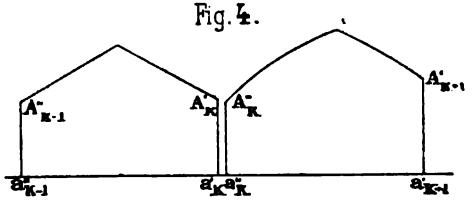


NOTA. — A_1, A_2, A_3, A_4, etc., sont les sommets des piliers intermédiaires; pour chaque pilier, le sommet est le premier point situé au-dessus de la base à partir duquel part une bifurcation de forme quelconque, à droite ou à gauche.

de la construction réelle. De même le pilier fictif $A''_{k-1}a''_{k-1}$ est la moitié du pilier réel $A_{k-1}a_{k-1}$ et le pilier fictif $A'_{k+1}a'_{k+1}$ est la moitié du pilier réel $A_{k+1}a_{k+1}$.

Calculons, graphiquement ou analytiquement, suivant les méthodes connues, les moments fléchissants M et les réactions horizontale et verticale, H et T, qui se produisent, sous l'action des charges données, dans les sections *aoc* des sommets des piliers $A'_ka'_k$ et $A''_ka''_k$. Soient M'_k, H'_k, T'_k ces quantités pour le pilier $A'_ka'_k$, et M''_k, H''_k, T''_k les quantités analogues pour le pilier $A''_ka''_k$.

Fig. 4.



Calculons de même les moments et les réactions qui se produisent dans les mêmes sections, sous l'action séparée du moment extérieur μ_{A_k} et des forces extérieures inconnues X_{A_k} Y_{A_k} appliqués au sommet des piliers $A'_ka'_k$ et $A''_ka''_k$.

Soient, pour le pilier $A'_ka'_k$:

$M'_{\mu_{A_k}}$	$H'_{\mu_{A_k}}$	$T'_{\mu_{A_k}}$	ces quantités sous l'action de	μ_{A_k}
$M'_{X_{A_k}}$	$H'_{X_{A_k}}$	$T'_{X_{A_k}}$	—	—	X_{A_k}
$M'_{Y_{A_k}}$	$H'_{Y_{A_k}}$	$T'_{Y_{A_k}}$	—	—	Y_{A_k}

Ces quantités sont de la forme $\alpha\mu_{A_k}$ βX_{A_k} γY_{A_k}, α, β, γ étant des constantes ayant une valeur spéciale selon qu'il s'agit de M, de H ou de T, valeur que nous recommandons de calculer graphiquement, comme le permettent les méthodes connues de calcul des arcs.

Pour le pilier $A''_k a''_k$, les quantités analogues à celles ci-dessus seront :

$M''_{\mu_{A_k}}$	$H''_{\mu_{A_k}}$	$T''_{\mu_{A_k}}$	sous l'action de	μ_k
$M''_{X_{A_k}}$	$H''_{X_{A_k}}$	$T''_{X_{A_k}}$	—	X_{A_k}
$M''_{Y_{A_k}}$	$H''_{Y_{A_k}}$	$T''_{Y_{A_k}}$	—	Y_{A_k}

Sous l'action d'un moment extérieur $\mu_{A_{k-1}}$ et des forces extérieures horizontale et verticale $X_{A_{k-1}}$ $Y_{A_{k-1}}$ appliqués au sommet du pilier fictif $A''_{k-1} a''_{k-1}$, on obtient, dans la section du sommet du pilier $A'_k a'_k$, les moment fléchissant et composantes horizontale et verticale suivants :

$M'_{\mu_{A_{k-1}}}$	$H'_{\mu_{A_{k-1}}}$	$T'_{\mu_{A_{k-1}}}$	sous l'action de	$\mu_{A_{k-1}}$
$M'_{X_{A_{k-1}}}$	$H'_{X_{A_{k-1}}}$	$T'_{X_{A_{k-1}}}$	—	$X_{A_{k-1}}$
$M'_{Y_{A_{k-1}}}$	$H'_{Y_{A_{k-1}}}$	$T'_{Y_{A_{k-1}}}$	—	$Y_{A_{k-1}}$

Enfin, sous l'action du moment extérieur $\mu_{A_{k+1}}$ et des forces extérieures horizontale et verticale $X_{A_{k+1}}$ $Y_{A_{k+1}}$ appliqués au sommet du pilier fictif $A'_{k+1} a'_{k+1}$, on obtient, dans la section du sommet du pilier $A''_k a''_k$, les moment fléchissant et composantes horizontale et verticale suivants :

$M''_{\mu_{A_{k+1}}}$	$H''_{\mu_{A_{k+1}}}$	$T''_{\mu_{A_{k+1}}}$	sous l'action de	$\mu_{A_{k+1}}$
$M''_{X_{A_{k+1}}}$	$H''_{X_{A_{k+1}}}$	$T''_{X_{A_{k+1}}}$	—	$X_{A_{k+1}}$
$M''_{Y_{A_{k+1}}}$	$H''_{Y_{A_{k+1}}}$	$T''_{Y_{A_{k+1}}}$	—	$Y_{A_{k+1}}$

Les moments et les forces extérieures μ, X, Y sont supposés tous positifs et ont, dans cette hypothèse, les sens définis sur la figure 2. Tous les moments M′ et M″ auxquels ils donnent lieu

dans les sections supérieures des piliers fictifs $A'_k a'_k$ et $A''_k a''_k$, seront positifs, s'ils tendent à faire tourner ces sections dans le sens du mouvement des aiguilles d'une montre. Les H′ et H″ auxquels ils donnent lieu dans les mêmes sections seront positifs, s'ils sont dirigés de gauche à droite. Enfin, les T′ et T″ seront positifs s'ils sont dirigés de bas en haut. On évaluera donc toutes ces quantités graphiquement avec le signe qui leur convient. Les lettres employées ci-dessus les représentent en grandeur et en signe.

Ceci posé, que faut-il pour que les deux piliers $A'_k a'_k$, $A''_k a''_k$ coïncident, c'est-à-dire fléchissent identiquement de la même manière?

Il faut et il suffit que les moments et les réactions totales qui se produisent dans les sections des sommets soient respectivement égaux entre eux.

Cette flexion identique des piliers suffit à ramener le système fictif des arcs isolés au système blocal réel; car si les sections *aoc* coïncident, les sections *ob* coïncident également à cause de l'indéformation des sections *aob* et *cob*.

Donc, en écrivant ces égalités de moments et de réactions, nous obtiendrons pour chaque pilier réel trois équations. Comme il y a par pilier réel trois inconnues, μ, X, Y, le problème est déterminé.

PREMIÈRE ÉQUATION. — *Égalité des moments.*

Cette équation s'écrit :

$$\begin{aligned} &M' + M'_{\mu_{A_k}} + M'_{X_{A_k}} + M'_{Y_{A_k}} + M'_{\mu_{A_{k-1}}} + M'_{X_{A_{k-1}}} + M'_{Y_{A_{k-1}}} \\ &= M'' + M''_{\mu_{A_k}} + M''_{X_{A_k}} + M''_{Y_{A_k}} + M''_{\mu_{A_{k+1}}} + M''_{X_{A_{k+1}}} + M''_{Y_{A_{k+1}}} \end{aligned}$$

On peut remarquer de suite que les forces $Y_{A_{k-1}}$ Y_{A_k} $Y_{A_{k+1}}$ donnent des moments nuls dans les sections considérées. Il s'ensuit que l'équation ci-dessus se réduit à :

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} &M' + M'_{\mu_{A_k}} + M'_{X_{A_k}} + M'_{\mu_{A_{k-1}}} + M'_{X_{A_{k-1}}} \\ &= M'' + M''_{\mu_{A_k}} + M''_{X_{A_k}} + M''_{\mu_{A_{k+1}}} + M''_{X_{A_{k+1}}} \end{aligned} \right.$$

DEUXIÈME ÉQUATION. — *Égalité des réactions horizontales.*

Cette équation est la suivante :

$$\begin{aligned} &H' + H'_{\mu_{A_k}} + H'_{X_{A_k}} + H'_{Y_{A_k}} + H'_{\mu_{A_{k-1}}} + H'_{X_{A_{k-1}}} + H'_{Y_{A_{k-1}}} \\ &= H'' + H''_{\mu_{A_k}} + H''_{X_{A_k}} + H''_{Y_{A_k}} + H''_{\mu_{A_{k+1}}} + H''_{X_{A_{k+1}}} + H''_{Y_{A_{k+1}}} \end{aligned}$$

En remarquant que les forces $Y_{A_{k-1}}$ Y_{A_k} $Y_{A_{k+1}}$ donnent des réactions horizontales nulles dans les sections considérées, cette équation se réduit à :

$$(2)\quad \left\{ \begin{array}{r} H' + H'_{\mu_{A_k}} + H'_{X_{A_k}} + H'_{\mu_{A_{k-1}}} + H'_{X_{A_{k-1}}} \\ = H'' + H''_{\mu_{A_k}} + H''_{X_{A_k}} + H''_{\mu_{A_{k+1}}} + H''_{X_{A_{k+1}}} \end{array} \right.$$

Troisième Équation. — *Égalité des réactions verticales.*

On a :

$$\begin{array}{l} T' + T'_{\mu_{A_k}} + T'_{X_{A_k}} + T'_{Y_{A_k}} + T'_{\mu_{A_{k-1}}} + T'_{X_{A_{k-1}}} + T'_{Y_{A_{k-1}}} \\ = T'' + T''_{\mu_{A_k}} + T''_{X_{A_k}} + T''_{Y_{A_k}} + T''_{\mu_{A_{k+1}}} + T''_{X_{A_{k+1}}} + T''_{Y_{A_{k+1}}} \end{array}$$

En remarquant que l'on a :

$$\begin{aligned} T'_{Y_{A_k}} &= Y_{A_k} \\ T''_{Y_{A_k}} &= -Y_{A_k} \\ T'_{Y_{A_{k-1}}} &= 0 \\ T''_{Y_{A_{k+1}}} &= 0 \end{aligned}$$

cette équation se réduit à :

$$(3)\quad \left\{ \begin{array}{r} T' + T'_{\mu_{A_k}} + T'_{X_{A_k}} + Y_{A_k} + T'_{\mu_{A_{k-1}}} + T'_{X_{A_{k-1}}} \\ = T'' + T''_{\mu_{A_k}} + T''_{X_{A_k}} - Y_{A_k} + T''_{\mu_{A_{k+1}}} + T''_{X_{A_{k+1}}} \end{array} \right.$$

Les deux premières équations sont indépendantes des Y. Leur groupe détermine les μ et les X. Le groupe des équations (3) détermine les Y.

Nous appellerons réactions-moments, réactions horizontales et réactions verticales aux sommets des piliers les inconnues μ, X, Y et nous énoncerons le théorème suivant :

Théorème. — *Les poutres continues droites ou en arcs s'arc-boutant, de section constante ou variable, solidaires avec leurs piliers, également de section constante ou variable, et encastrés ou non à leur base, peuvent être regardées comme une série d'arcs à une seule travée obtenus par le dédoublement des piliers intermédiaires. Ces arcs réactionnent les uns sur les autres aux sommets des piliers provenant de ce dédoublement.*

Les réactions-moments et les réactions horizontales dues aux charges qui se produisent aux sommets de trois groupes consécutifs de deux piliers contigus, sont liées entre elles par deux équations du premier degré, dont les coefficients dépendent de la forme et des dimensions des deux travées considérées, ainsi que de la grandeur et de la position des charges sur ces travées.

Les réactions verticales aux sommets de deux piliers contigus K *sont liées aux réactions* μ *et* X *des piliers* $k-1$, k *et* $k+1$ *par une équation du premier degré dont les coefficients dépendent également de la forme et des dimensions des deux travées considérées ainsi que de la grandeur et de la position des charges sur ces travées.*

Dans ce théorème et dans les suivants, le mot forme s'applique, bien entendu, non seulement à la forme générale de la travée, piliers compris, mais aussi à la forme des naissances qui peuvent être encastrées ou non sur les appuis fixes.

Nous allons maintenant rechercher les relations existant entre les réactions aux sommets de deux piliers consécutifs dans le cas où une seule travée est chargée, la charge ne se trouvant pas d'ailleurs entre les deux piliers considérés.

Considérons les deux premières travées de gauche A_0A_1, A_1A_2 sur lesquelles aucune charge n'existe par hypothèse. Les équations (1), (2), (3) appliquées au sommet A_1 deviennent, en remarquant que μ_{A_0}, X_{A_0}, Y_{A_0} sont nuls :

$$(4) \qquad M'_{\mu_{A_1}} + M'_{X_{A_1}} = M''_{\mu_{A_1}} + M''_{X_{A_1}} + M''_{\mu_{A_2}} + M''_{X_{A_2}}$$

$$(5) \qquad H'_{\mu_{A_1}} + H'_{X_{A_1}} = H''_{\mu_{A_1}} + H''_{X_{A_1}} + H''_{\mu_{A_2}} + H''_{X_{A_2}}$$

$$(6) \qquad T'_{\mu_{A_1}} + T'_{X_{A_1}} + Y_{A_1} = T''_{\mu_{A_1}} + T''_{X_{A_1}} - Y_{A_1} + T''_{\mu_{A_2}} + T''_{X_{A_2}}$$

Connaissant μ_{A_2} et X_{A_2}, les équations (4) et (5) donneront μ_{A_1} et X_{A_1}. On calculera une fois pour toutes des coefficients α et β, et on aura :

$$(7) \qquad \mu_{A_1} = \alpha_1\mu_{A_2} + \beta_1 X_{A_2},$$

$$(8) \qquad X_{A_1} = \alpha'_1\mu_{A_2} + \beta'_1 X_{A_2}.$$

Ces coefficients α et β, qui ne dépendent que de la forme et des dimensions des travées A_1A_2 et A_0A_1, résultent immédiatement des coefficients des μ, X, Y entrant dans les équations (4) et (5), coefficients qu'on cherchera comme nous le dirons dans la pre-

mière remarque placée à la fin de cette note. L'équation (6) est de la forme :

$$(9) \qquad Y_{A_1} = \alpha''_1 \mu_{A_2} + \beta''_1 X_{A_2}.$$

On calculera une fois pour toutes les coefficients α''_1 et β''_1 qui ne dépendent que de la forme et des dimensions des travées A_1A_2 et A_0A_1.

En appliquant les équations (1), (2), (3) au sommet A_2, puis en tenant compte des relations (7), (8), (9), on obtiendra des équations de la forme :

$$(7\ bis) \qquad \mu_{A_2} = \alpha_2 \mu_{A_3} + \beta_2 X_{A_3}.$$

$$(8\ bis) \qquad X_{A_2} = \alpha'_2 \mu_{A_3} + \beta'_2 X_{A_3}.$$

$$(9\ bis) \qquad Y_{A_2} = \alpha''_2 \mu_{A_3} + \beta''_2 X_{A_3}.$$

On calculera une fois pour toutes les coefficients α et β qui ne dépendent que de la forme et des dimensions des travées A_2A_3, A_1A_2 et A_0A_1.

On continuera à appliquer les équations (1), (2), (3) à tous les autres piliers intermédiaires jusqu'au dernier à droite. On aura ainsi un groupe de relations donnant les valeurs des réactions au sommet d'un pilier intermédiaire quelconque en fonction des réactions au sommet du pilier intermédiaire suivant à droite.

En appliquant les équations (1), (2), (3) successivement à tous les piliers intermédiaires en commençant par le premier à droite, comme on vient de le faire en commençant par le premier à gauche, on obtiendra un groupe de relations donnant les valeurs des réactions au sommet d'un pilier intermédiaire quelconque en fonction des réactions au sommet du pilier intermédiaire suivant à gauche.

En regardant les réactions aux sommets des piliers intermédiaires comme des variables indépendantes, chacune de ces relations du premier ou du deuxième groupe représente un plan bien défini rapporté à trois axes rectangulaires, l'axe des μ_{A_k}, celui des X_{A_k} et celui des $\mu_{A_{k-1}}$, $X_{A_{k-1}}$ ou $Y_{A_{k-1}}$. On pourrait se servir de ces plans pour calculer graphiquement les inconnues que fournissent les groupes des équations ci-dessus. Mais nous ne le recommandons pas. Le calcul graphique ne doit pas être employé à outrance, et quand on a des équations aussi simples que les équations (7), (8), (9) etc., c'est un calcul algébrique qu'il faut faire.

Le calcul graphique doit être réservé à la détermination des coefficients des inconnues dans les équations (1), (2), (3), (4), (5), (6) et les équations analogues, parce que cette détermination, faite algébriquement, serait trop longue.

Ceci dit, nous énonçons le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Dans les poutres continues droites ou en arcs s'arc-boutant, de section constante ou variable, solidaires avec leurs piliers, également de section constante ou variable et encastrés ou non à leur base, les réactions dues aux charges, qui se produisent au sommet d'un pilier intermédiaire, se déduisent des réactions* μ *et* X *au sommet du pilier intermédiaire voisin à droite, dans l'hypothèse où il n'existe de charges qu'à droite de ce dernier pilier, au moyen de relations du premier degré dont les coefficients ne dépendent que de la forme et des dimensions de la travée comprise entre les deux piliers considérés et des travées de gauche.*

Les réactions au sommet d'un pilier intermédiaire se déduisent des réactions μ *et* X *au sommet du pilier intermédiaire voisin à gauche, dans l'hypothèse où il n'existe de charges qu'à gauche de ce dernier pilier, au moyen d'autres relations du premier degré dont les coefficients ne dépendent également que de la forme et des dimensions de la travée comprise entre les deux piliers considérés et des travées de droite.*

En pratique, toutes les travées de la construction sont chargées. Mais on peut, par le principe de l'indépendance des effets des forces et de la superposition de ces effets, ramener ce cas à celui de plusieurs autres dans lesquels une seule travée est chargée et toutes les autres vides. C'est dans l'étude de ces cas où une seule travée est chargée que le deuxième théorème que nous venons d'énoncer est utile.

Si c'est la travée $A_k A_{k+1}$ qui est chargée, on appliquera le théorème I aux piliers A_k et A_{k+1}, le théorème II aux travées $A_{k-1} A_k$ et $A_{k+1} A_{k+2}$. On aura ainsi douze équations entre lesquelles on éliminera facilement les réactions aux sommets des piliers A_{k-1} et A_{k+2}. Il restera six équations du premier degré entre les réactions aux sommets des piliers de la travée chargée. Ces réactions étant connues, celles des autres piliers s'obtiendront immédiatement par les équations du théorème II.

Action de la température.

L'étude des effets de la température se fait exactement comme celle des effets des charges qui nous a conduit au premier théorème. Il suffit, dans les équations (1), (2) seulement, car T′ et T″ sont nuls, de remplacer les valeurs dues aux charges de M′, H′, M″, H″ par les valeurs des mêmes quantités dues à la température. Nous pouvons donc énoncer le théorème suivant.

THÉORÈME. — *Dans les poutres continues droites ou en arcs s'arc-boutant, de section constante ou variable, solidaires avec leurs piliers, également de section constante ou variable, et encastrés ou non à leur base, les réactions-moments et les réactions horizontales dues à la température, qui se produisent aux sommets des trois groupes consécutifs de deux piliers contigus, sont liées entre elles par deux équations du premier degré, dont les coefficients dépendent de la forme et des dimensions des deux travées considérées, ainsi que de la différence entre la température considérée et la température de pose.*

Remarque I. — Les coefficients des inconnues qui entrent dans les équations (1), (2), (3), (4), (5), (6) ou les équations analogues se calculeront facilement par des opérations graphiques. Ainsi le terme $M'_{X_{A_{k-1}}}$ est de la forme $\lambda X_{A_{k-1}}$. On se donnera une force de 100 *kg*, par exemple, et on l'appliquera, en la dirigeant de gauche à droite, au sommet A''_{k-1} du pilier $A''_{k-1}a''_{k-1}$. On calculera graphiquement la valeur $M'_{100_{k-1}}$ du moment fléchissant produit par cette force dans la section du sommet du pilier $A'_k a'_k$. On pourra alors écrire :

$$M'_{X_{A_{k-1}}} = \frac{M'_{100_{k-1}}}{100} \cdot X_{A_{k-1}}$$

c'est-à-dire :

$$\lambda = \frac{M'_{100_{k-1}}}{100}.$$

On calculerait les autres coefficients d'une manière analogue par l'application du même principe de la proportionnalité des forces ou des moments et de leurs effets.

Remarque II. — Dans le cas particulier où la poutre continue est droite et où on admet que les Y sont nuls, les réactions aux

sommets des piliers se réduisent aux seuls moments μ. Les équations (1), (2) et (3) se réduisent alors à une équation de trois moments et les équations (4), (5) et (6), à une équation de deux moments. On résoudra ces équations algébriquement après avoir calculé graphiquement les coefficients des inconnues. C'est la méthode grapho-algébrique.

Remarque III. — La théorie générale que nous avons exposée tient compte des déplacements élastiques verticaux des sommets de deux piliers contigus. C'est à cause de l'inégalité de ces déplacements que les réactions Y se produisent. Si on néglige ces déplacements, cela revient à dire que les Y sont nuls.

MÉMOIRE

SUR LA

CRÉATION, A PARIS, D'UNE

ÉCOLE PRATIQUE DE MEUNERIE-BOULANGERIE

AVEC STATION D'ESSAIS

DE GRAINS, FARINES ET MATÉRIEL

PAR

M. LOUIS LOCKERT

I. — EXPOSÉ

L'Exposition de Meunerie-Boulangerie et des Industries qui s'y rapportent, organisée à Paris, en 1885, sous le haut patronage de M. le *Ministre de l'Agriculture*, paraît avoir exercé la plus heureuse influence sur nos meuniers et nos boulangers, dont un grand nombre se sont munis, depuis lors, d'appareils perfectionnés.

Mais la réforme ne portera tous ses fruits que lorsqu'ils auront, pour faire usage de ce *nouvel Outillage*, un *Personnel nouveau* affranchi de la routine qui règne encore dans bon nombre de minoteries et de boulangeries.

C'est pour créer ce *personnel nouveau*, qu'il est urgent d'organiser une **École pratique de Meunerie-Boulangerie.**

Cette École aurait pour corollaire, nécessaire et indiqué, une **Station d'Essais :**

1° Pour l'examen des grains, blé, seigle, riz, maïs, sarrasin, orge, avoine, etc., au point de vue de leurs qualités nutritives;

2° Pour l'analyse des farines, l'appréciation de leur valeur panifiable, et leur *classement en Douane;*

3° Pour l'expérimentation de tous appareils et machines propres à la mouture et à la panification.

II. — ÉCOLES SIMILAIRES A L'ÉTRANGER

Il est intéressant, avant d'entrer dans le détail de l'organisation de l'**École pratique de Meunerie-Boulangerie** dont il s'agit de doter la France, de considérer la situation de *l'Enseignement similaire*, existant ou projeté, dans les pays étrangers : Angleterre, Amérique, Allemagne, Autriche-Hongrie.

Angleterre.

Il n'y a pas d'*Écoles de Meunerie* en Angleterre ; mais il y existe un enseignement professionnel, sous le patronage de la *Société des Corporations de Londres, pour l'avancement de l'Éducation technique :* il consiste en épreuves écrites portant sur diverses questions de mouture pratique, choisies par une *Commission de meuniers.*

Les concurrents qui exécutent convenablement ces épreuves reçoivent des diplômes de 1re ou de 2e classe, et trouvent a se placer dans les moulins et les manutentions.

L'opinion de l'*Association des Meuniers anglais et irlandais* est que ces Concours ont exercé une heureuse influence sur les développements de l'Art de la mouture dans le Royaume-Uni.

Amérique.

Les États-Unis de l'Amérique du Nord ne possèdent pas d'*Écoles de Meunerie ;* mais il y existe un grand nombre de *Stations d'Essais*, dont une notamment, très remarquable, à l'*Institut polytechnique* de Hoboken (New-York), cette véritable *Université industrielle* organisée et dirigée par le professeur Thurston.

Allemagne.

Il existe actuellement, en Allemagne, deux *Écoles de Meunerie :* **l'une**, à *Dippoldiswalde*, ville de 3 300 habitants, voisine de Dresde ; **l'autre**, à Rosswein, ville de 8 000 habitants, également en Saxe.

Elles reçoivent, comme élèves, les lauréats des Écoles primaires *(Certificat d'études)*, et aussi les ouvriers meuniers qui veulent se perfectionner dans leur Art.

L'École de Meunerie de Rosswein est la première en date : ouverte en 1881, avec six mois de Cours seulement, elle a, peu à peu, augmenté ses programmes, de sorte que la durée de son enseignement est maintenant de trois semestres, dont voici la distribution :

Programme des Cours de l'École de Rösswein	Heures de chaque cours par Semaine		
	1er semestre	2e semestre	3e semestre
Arithmétique	4	»	»
Calcul	»	1	1,5
Comptabilité	4	1,5	2
Géométrie	6	»	»
Trigonométrie	»	1	»
Algèbre	6	3	»
Physique	4	»	»
Mécanique	»	3	2
Hydraulique	»	3	»
Moteurs à eau	»	»	3
Chaudières et machines à vapeur	»	»	4,5
Dessin linéaire	6	6	6
Meunerie	»	6	»
Construction de moulins	»	»	3
Arpentage	»	»	2
Droit commercial, finances, administration	»	6	6
Langues vivantes	4,5	1,5	2
Botanique, céréales	1,5	»	»
Total des heures, par Semaine.	36	32	32

Ces Cours, dans lesquels l'enseignement théorique tient une place prépondérante, sont complétés par des *Manipulations et Exercices pratiques* dont les éléments sont fournis par les collections de l'École :

1° Appareils et instruments de physique ;

2° Appareils d'arpentage, de nivellement et jaugeage des liquides ;

3° Appareils d'essai des farines (microscope, etc.) ;

4° Types de céréales et produits divers de la mouture ;

5° Tableaux et modèles de géométrie et de mécanique ;

6° Tableaux pour les sciences physiques et naturelles ;

7° Organes de machines, arbres, paliers, manivelles, bielles, poulies et moteurs complets à eau et à vapeur, en grandeur naturelle ;

8° *Exposition permanente* d'appareils de meunerie de divers systèmes, avec leurs accessoires, fournis par les principales maisons de construction.

L'École de Dippoldiswalde a été créée après celle de Rosswein, sur le même modèle, et elle suit les mêmes programmes. Les collections sont moins importantes, mais cette infériorité est compensée par l'existence d'un Moulin-annexe assez bien aménagé, dans lequel les élèves trouvent un complément pratique à leur enseignement par trop théorique.

Dans l'une comme dans l'autre École, des *Certificats* sont délivrés aux élèves qui satisfont aux examens de sortie : ceux qui en sont pourvus sont fort recherchés.

Autriche-Hongrie.

L'Autriche-Hongrie ne possède point d'*École de Meunerie* ni de *Boulangerie :* la coutume y règne de faire des Élèves dans les moulins, enseignement qui ne peut valoir celui d'une *École pratique*, parce que l'étudiant est seulement l'*Élève d'un établissement particulier* dont les seuls appareils lui sont connus, tandis que l'*Élève de l'École pratique* est familiarisé avec toutes les méthodes et tous les appareils ; il reçoit, de plus, un enseignement théorique dont la nécessité n'est pas discutable.

La Société des Meuniers autrichiens n'a pas trouvé l'*Enseignement dans les moulins* suffisant, car elle a adressé, au commencement de l'année 1892, au Ministère de l'Instruction publique et des Cultes, une pétition en vue de la création d'une *École de Meunerie* à Vienne, en y joignant des programmes.

Voici un extrait de l'exposé des motifs de la Société :

« Le broyage du blé constitue la première de nos industries, puisqu'il concourt à la fabrication du plus indispensable de nos aliments, et elle est la seule qui n'ait pas ses *Écoles spéciales*, ses laboratoires et sa *Station d'Essais et Recherches*.

» Depuis les grandes industries des mines et de la métallurgie, jusqu'au plus banal des métiers, tel que la vannerie, tous les corps d'état ont chez nous leurs Écoles, accompagnées, pour les plus importantes, de laboratoires et de stations de recherches, de façon à donner une bonne préparation scientifique à l'exercice de ces industries et de ces métiers.

» On ne comprend pas comment a pu échapper à la sollicitude de nos gouvernants une industrie telle que la minoterie, qui a réalisé, dans ces derniers temps, des progrès considérables, qui se sont étendus à l'outillage accessoire, à l'éclairage et aux moteurs.

» Il faut espérer que, bientôt, cette lacune sera comblée, à la satisfaction générale. »

La Société des Meuniers autrichiens a joint à sa pétition deux programmes applicables dans des cas différents.

1° *Un programme d'Enseignement élémentaire*, ne durant qu'un an, pour donner aux ouvriers meuniers qui n'ont fréquenté que des Ecoles primaires, quelques notions d'instruction spéciale, propres à développer leurs aptitudes professionnelles.

2° *Un programme d'Enseignement supérieur* (reproduit ci-après), qui durerait deux ans, pour donner aux élèves des Lycées une instruction théorico-pratique qui les rendrait aptes à occuper la position de *Directeurs techniques* de moulins importants.

Programme du Cours supérieur autrichien	Heures de cours par Semaine	
	1re Année	2e Année
Langues allemande, française et anglaise	6	6
Calligraphie	1	»
Géographie, histoire	2	»
Mathématiques	2	1
Histoire naturelle	1	1
Géométrie, et trigonométrie, la seconde année.	2	3
Physique, et mécanique, — —	5	2
Chimie, et travail au laboratoire, — —	1	1
Dessin	6	6
Construction des roues hydrauliques et des turbines	1	1
Construction des machines à vapeur	2	2
Composition des grains et farines (microscope).	1	1
Conduite et exploitation du moulin	4	4
Architecture : construction des moulins	2	2
Comptabilité, correspondance et tenue des livres	»	3
Législation, droit commercial et règlements divers	»	2
Travail au moulin et à l'atelier.	6	6
Électrotechnie	1	1
Économie politique	1	1
Calcul commercial	»	1
Arpentage, jaugeage des cours d'eau	»	1
Boulangerie	»	1
Total des heures, par Semaine	44	46

A première vue, ce programme gagnerait à être allégé : 44 et 46 heures de Cours par semaine, c'est du surmenage.

Les élèves du Cours élémentaire seraient admis à partir de seize ans, et devraient avoir déjà travaillé deux ans dans un moulin.

Des examens, subis par les élèves de l'un et l'autre Cours, leur donneraient droit à l'obtention de *Certificats* ou *Diplômes*.

Appréciations et conclusions.

On voit combien peu l'enseignement réellement pratique est développé dans les Écoles allemandes : à Rosswein, comme à Dippoldiswalde, l'on emploie la majeure partie des Cours à enseigner aux élèves une quantité de notions qu'ils devraient posséder avant leur entrée à l'École. Il en est de même dans les programmes proposés par la *Société des Meuniers autrichiens*.

De boulangerie, tous ces programmes font à peine mention; or, il est de majeure importance que *la Boulangerie ne soit pas séparée de la Meunerie* dans l'enseignement pratique, dont l'objet est, en définitive, d'*apprendre à faire du Pain*. C'est à tort que l'on sépare les deux opérations, de la mouture et de la panification, qui ne forment, en réalité, que les *deux phases successives d'une industrie unique*. Il en était ainsi à Rome « où l'on comptait, au début de l'ère chrétienne, environ 300 boulangeries ».

« Les boulangers étaient appelés *pistores*, de *pinsere*, piler (supin : *pistum*), parce que ceux qui convertissaient le grain en farine se chargeaient aussi de transformer la farine en pains (1). »

Il en est de même encore aujourd'hui, dans beaucoup de localités en France : le moulin et le fournil sont réunis dans une exploitation unique.

En somme, les programmes qui précèdent *manquent de caractère* : pour un *Enseignement spécial et nouveau*, il faut créer des *Cours nouveaux*, dans lesquels les sciences naturelles, physiques et mathématiques soient envisagées dans leurs rapports directs avec cet *Enseignement nouveau*.

1) *Rapports du Jury international de l'Exposition universelle de 1889*, classe 68, « Produits de la boulangerie et de la pâtisserie, » par M. Cornet, président du Syndicat des boulangers de Paris et du Syndicat général de la boulangerie française.

III. — ÉCOLE PRATIQUE DE MEUNERIE-BOULANGERIE

L'École dont l'établissement est proposé est une *École pratique* où s'exécuteront, de fait, toutes les opérations de la meunerie et de la boulangerie, avec les appareils les plus répandus et, au besoin, avec les engins nouveaux qui seraient soumis aux appréciations de la **Station d'Essais.**

Dispositions générales.

La durée des Études sera de deux ans; les élèves seront externes, passant à l'École huit heures par jour, de 8 heures du matin à 4 heures du soir. Ils y seront admis à condition d'avoir dix-sept ans accomplis à l'époque de leur entrée, d'être munis du *Certificat d'Études primaires Supérieures*, et de prendre l'engagement d'acquitter une rétribution scolaire annuelle de 500 francs.

Tous les Élèves suivront également tous les Cours pendant les deux années entières, la meunerie ne devant pas être considérée comme une industrie distincte de la boulangerie, ainsi qu'il vient d'être exposé ci-dessus.

La Capacité, à la sortie de l'École, sera constatée par un *Certificat-diplôme* remis aux élèves qui auront obtenu une *note moyenne* suffisante, pour tous les examens et exercices, durant leurs deux années de séjour à l'École.

Programmes.

PREMIÈRE ANNÉE.

La première Année d'études comprend trois Cours, avec manipulations, excursions et exercices divers.

Ces Cours doivent enseigner les principes scientifiques et les opérations préparatoires de la *Meunerie-Boulangerie*, et initier les élèves à la construction et au fonctionnement des appareils et machines nécessaires.

Les visites et excursions seront dirigées dans ce but, afin qu'ils voient labourer, semer, récolter et battre le blé ; puis enfin, faire la farine et le pain.

PHYSIQUE ET MÉCANIQUE	Nombre des Leçons	MANIPULATIONS ET TRACÉS
Air, composition et propriétés : vents et courants : moulins à vent et ventilateurs (notions élémentaires).	1	Observations en plein air; mouvements atmosphériques. Courants d'air naturels et artificiels.
Eau, écoulement des liquides, sections variées et débits; **jaugeage** des cours d'eau, évaluation des chutes d'eau.	1	Expériences sur le mouvement des liquides dans les cours d'eau, dans les pompes, etc..
Pompes et moteurs à eau ; puissance des roues hydrauliques, des turbines, etc.	2	
Chaleur engendrée par la combustion . .	1	Étude des phénomènes de la combustion : expériences au laboratoire.
Combustibles du règne végétal ou minéral : analyses, essais calorifiques.	1	
Gaz d'éclairage, gaz à l'eau, etc. : mélanges détonants	2	Essais calorifiques; analyses des combustibles et des produits de la combustion.
Moteurs à explosions, à air chaud, etc.. Théorie élémentaire	2	
Vapeur d'eau, production industrielle : chaudières	2	Préparation, au laboratoire, du gaz d'éclairage, du gaz à l'eau et des mélanges détonants.
Machines à vapeur, théorie élémentaire . . .	1	
Cinématique : Mouvements rectilignes, circulaires, etc.. Tracés des trajectoires : vitesse, travail, énergie.	3	Épures et tracés : représentation graphique des forces, etc..
Transformations de mouvement : bielles, manivelles.	2	Épures de divers tracés d'engrenages.
Transmissions : poulies, courroies, engrenages	1	
Théorie des engrenages et tracé	2	
Électricité : notions élémentaires.	2	Étude expérimentale de l'électricité et du magnétisme; expériences et manipulations diverses.
Magnétisme, électro-aimants, sonneries . . .	1	
Piles, hydro-électriques, thermo-électriques. Accumulateurs. Téléphones	2	Tracés téléphoniques.
Machines dynamo-électriques et électro-motrices. *Transport* de l'énergie.	3	Épures de dispositions de lampes à arc et à incandescence. Expériences de photométrie.
Éclairage électrique : lampes à arc, à incandescence.	1	
Total des leçons du 1er Cours. . .	30	

Second Cours de Première Année

GÉOMÉTRIE ET DESSIN LINÉAIRE	Nombre des Leçons	ÉPURES ET TRACÉS
Géométrie pure et appliquée : notions générales et récapitulation.	1	Instruments : règles, équerres, compas, pistolets.
Polygones et courbes usuelles : cercle, spirale, etc.	1	Tracés des lignes : droites, brisées, polygonales ; tracés du cercle, de l'anse de panier, de l'ellipse, de l'hyperbole et de la parabole.
Sections coniques : cercle, ellipse, hyperbole, parabole.	1	
Évaluation des aires, cubage des solides. . .	1	
Géométrie descriptive : récapitulation, théorie des projections	2	Exercices de projections : épures diverses.
Tracés en projections d'un prisme, d'un cylindre, d'un cône, etc.. Pénétrations	2	Tracés des hélices cylindrique et conique.
Hélices cylindrique et conique. Vis, vis d'Archimède.	1	Levés sur le terrain des profils en long et en travers ; épures de terrassements et de murs de soutènement.
Arpentage et nivellement : profils en long et en travers	2	
Profils et sections des cours d'eau : débits.	1	
Terrassements et murs de soutènement : calculs et cubage des terres et des maçonneries.	2	
Dessin linéaire : définitions, plan, élévation, coupe.	1	Croquis à main levée, cotés ou non, choix de l'échelle : règles pratiques.
Dessin à main levée, croquis cotés. Dessin avec les instruments, au lavis, etc.. Teintes plates, teintes fondues, etc.	2	Broyage de l'encre de Chine, teintes plates, usage des pinceaux.
Théorie des ombres.	1	Épures des tracés d'ombres, les plus usuelles : rondelle, tailloir, cylindre en relief ou en creux.
Emploi de l'encre de Chine et des couleurs strictement nécessaires : teintes conventionnelles	1	
Dessins élémentaires de divers organes de machines, et d'appareils divers : d'un ventilateur, d'une machine à vapeur.	1/2	Épures des organes divers des machines indiquées ci-contre : positions relatives variables et successives.
Dessin élémentaire d'une roue hydraulique, d'une turbine, etc.. Tracé des courbes des aubes et des directrices.	1/2	
Total des leçons du 2e Cours. . . .	20	

Troisième Cours de Première Année

CHIMIE AGRICOLE ET BOTANIQUE	Nombre des Leçons	MANIPULATIONS ET EXERCICES
Composition du sol. — *Composition géologique :* éléments constitutifs des terres de culture	2	Appréciation des divers éléments du sol : argile, sable, silice, calcaire, sels, humus, etc..
Composition chimique : éléments salins, humus, phosphates, azotates, etc.. Rôle de ces divers éléments. Cartes agronomiques	3	Analyses qualitatives et quantitatives.
Assolements : succession méthodique des cultures. Rotations	2	Analyses des engrais.
Préparation du sol : labours, façons, amendements	2	Titrage de l'azote, des sels alcalins, de l'acide phosphorique, de la silice, etc.
Engrais : fumier de ferme et engrais chimiques	2	Expériences sur la germination : usage de la balance et du microscope.
Semailles, germination et croissance des plantes	2	
Rôle des engrais, de l'air et de la lumière, dans la végétation	3	
Terres à blé : caractères et préparation	2	
Botanique. — *Notions générales :* grandes divisions; organisation caractéristique des plantes. Types	2	Études et observations microscopiques sur les diverses espèces de céréales.
Étude anatomique comparée des diverses céréales : composition élémentaire, froment, seigle, maïs, sarrasin	3	Les mêmes sur les farines.
Analyse sommaire du grain de blé : son, amande, germe, membrane embryonnaire, céréaline	3	Observations entomologiques sur les insectes nuisibles. Dissection microscopique.
Analyse qualitative et propriétés de la farine de blé	1	
Parasites nuisibles aux *céréales*, à la *farine*, au *pain*	1	Observations au microscope des céréales attaquées par des parasites du règne végétal ou animal.
Végétaux et insectes se développant aux dépens des céréales sur pied, et du blé en particulier	2	
Végétaux et insectes s'attaquant aux céréales récoltées et emmagasinées	2	Observations sur le pain et les farines avariés.
Insectes vivant dans la farine, et autres altérations : fermentations, rancissement, etc.	2	
Végétations cryptogamiques et insectes dans le pain	1	
Total des leçons du 3e Cours	35	

SECONDE ANNÉE

La seconde Année d'études comporte également *trois Cours*, dont deux sont accompagnés de tracés, de dessins et d'épures, de manipulations et de travaux pratiques : montage et démontage des appareils et machines, conduite des chaudières, des moteurs, des fours et de tout le matériel de la minoterie et de la boulangerie.

Fabrication de la Farine et du Pain.

Les élèves exécuteront à tour de rôle, par escouades, toutes les opérations que doit accomplir le meunier et le boulanger, tantôt avec un appareil, tantôt avec un autre, de façon à connaître tous les genres de fabrication.

Les épures et dessins seront exécutés sous la direction d'un *Chef des Travaux graphiques.*

Les exercices et travaux pratiques seront dirigés par un *Chef Meunier* et par un *Maître Boulanger*, en présence du professeur, développant la théorie et la raison d'être des opérations en cours, de sorte que les élèves seront instruits, en même temps, théoriquement et pratiquement.

Le troisième Cours de seconde Année ne comporte pas d'exercices pratiques; mais il compte un plus grand nombre de leçons que les deux autres, classées en deux divisions : *Première partie* et *Seconde partie.*

Ces désignations, cependant, n'impliquent pas la succession forcée de ces deux parties, qui doivent, au contraire, s'enseigner simultanément; le professeur donnera, à cet effet, à deux jours différents, une leçon par semaine sur chacune des deux divisions.

Cela ne le chargera pas davantage que les autres professeurs, si l'on considère qu'il n'aura à s'occuper d'aucun exercice pratique, ni d'épures, ni de manipulations, ni de dessins, en dehors de son Cours.

Ce Cours sera très intéressant, néanmoins, car il donnera aux élèves des notions géographiques et commerciales qui leur seront d'un grand secours dans l'exercice de leur profession.

Premier Cours de Seconde Année

CONSTRUCTION DE MACHINES	Nombre des Leçons	DESSINS ET EXERCICES
Minéralogie et métallurgie : Notions. .	2	Représentation des matériaux de construction.
Matériaux : bois, fer, briques, pierres, ciment, ciment armé, fonte, acier, bronze, etc.	2	Dessins de machines à essayer les matériaux : éprouvettes, épures.
Épreuves : machines à essayer les matériaux.	1	
Outillage. — *Outillage d'une minoterie* : tarares, trieurs, fendeurs, meules, cylindres, bluteries ordinaires ou centrifuges, sasseurs, etc.. Moteurs	1	Étude sommaire du plan d'ensemble d'une minoterie, d'une boulangerie, d'une manutention.
Outillage d'une boulangerie : blutoir, pétrin, fours, etc.. Moteur approprié	1	Dessin élémentaire des appareils et machines, dans leurs positions respectives.
Outillage d'une manutention : organisation générale et moteur	1	
Force motrice nécessaire pour actionner une minoterie, une boulangerie, une manutentention	2	Dessins détaillés d'organes de machines.
Positions relatives du moteur et des différentes machines et appareils constituant l'installation	2	Dessins détaillés de manèges avec leurs trains d'engrenages.
Choix du moteur : son installation.	1	Dessins détaillés d'un moulin à vent.
Moteurs animés : manèges, plans mobiles, etc.	1	Dessins de machines hydrauliques, roues, turbines, etc..
Moulins à vent : construction et installation, vitesses	2	
Moteurs à eau, de tous genres, roues hydrauliques, turbines horizontales ou verticales, etc.	4	Dessins d'une machine à vapeur et de ses divers organes ; de moteurs à air chaud, à gaz, à pétrole.
Machines à vapeur de tous genres.	3	
Moteurs à air chaud : principe et construction.	1	Dispositions d'ensemble, études de diagrammes, etc..
Moteurs à explosions, à gaz ou à pétrole. . .	3	
Travail indiqué et effectif ; rendements et diagrammes.	1	
Transmissions : Engrenages, poulies, courroies, câbles, etc.. Commandes directes par l'électricité	2	Épures de transmissions, par poulies et courroies, engrenages, etc..
Total des leçons du 1er Cours. . .	30	

Second Cours de Seconde Année

MEUNERIE ET BOULANGERIE	Nombre des Leçons	DESSINS ET TRAVAUX PRATIQUES
But et procédés de la Meunerie. — Analyses microscopique et chimique des grains : éléments divers, son, fécule, gluten, etc.	1	Vues microscopiques, coupes du grain de blé : manipulations.
Nettoyage : épierreurs, tarares, trieurs, colonnes épointeuses, brosses, etc.. Laveuses et sécheuses, comprimeurs, fendeurs, etc.	2	Dessins détaillés et cotés des divers appareils de nettoyage.
Mouture : Meules en silex, rhabillage	2	
Meules métalliques. Meules blutantes. . . .	2	Dessins détaillés et cotés du montage d'une paire de meules, et des divers autres appareils, d'une machine à canneler, etc..
Moulins batteurs, horizontaux ou verticaux.	1	
Moulins à cylindres, en fonte cannelée ou lisse, en porcelaine	2	
Machines à tailler les meules, et à canneler	2	
Classement des produits : bluteries rondes ou polygonales, centrifuges, etc.. Plansichters, tamis, plans de divers systèmes	3	Épures d'un rayonnage, d'une taille, d'un cannelage.
Sasseurs aspirateurs et autres, diviseurs, classeurs avec ou sans tamis, etc.	1	Montage, démontage et moutures exécutés sur les divers appareils.
Accessoires du moulin : collecteurs de poussières, balances, ensachoirs, élévateurs . .	1	
But et procédés de la Boulangerie, pâtisserie, etc. — Analyses et essais des farines : gluten, valeur nutritive.	1	Dessins détaillés et cotés des divers pétrins et fours indiqués ci-contre.
Pétrissage : tamisage, délayage, frasage, etc.	2	Manipulations au laboratoire : essais de farines, extraction du gluten, etc..
Pétrins ordinaires ou mécaniques divers . .	2	
Levains, levûres et poudres à lever : réactions chimiques de la panification.	2	Montage et démontage des appareils, opérations diverses de pétrissage, de panification et de cuisson.
Cuisson : fours ordinaires au bois, fours aérothermes ou mixtes de systèmes divers . .	2	
Fours à eau chaude : automatiques, à sole tournante, à tunnel, etc.	1	Travaux divers et opérations du pâtissier et du confiseur. Analyses.
Pâtes diverses : pain de gluten, pains de guerre, biscuit de mer, etc.	1	
Pâtes d'Italie, vermicelle, macaroni, etc.. . .	2	
Pâtisserie : petits fours et gâteaux, biscuits, biscottes, etc.. Outillage spécial.	2	
Confiserie : Essences, sirops, fruits confits, bonbons, fondants, dragées, etc.	2	
Services divers d'une minoterie, d'une boulangerie, d'une manutention	1	Plans d'ensemble détaillés et cotés d'une minoterie, d'une boulangerie, d'une manutention. Diagrammes raisonnés.
Incendie : Services préventifs, distribution d'eau, extincteurs, pompes, etc.	1	
Hygiène des ouvriers : accidents, mesures préventives, premiers soins	1	
Emmagasinage et transport : grains, farines, pain ; étuve à farines	2	Dessins cotés d'une étuve à farines, de voitures, wagons, silos, etc.
Magasins de vente des produits de la boulangerie, de la pâtisserie, de la confiserie ; comptoirs, étagères, vitrines etc.	1	Plans détaillés et cotés de magasins, boutiques, etc.
Total des leçons du 2e Cours. . . .	40	

Troisième Cours de la Seconde Année

Première Partie **Histoire et Géographie.**	Nombre des Leçons	Seconde Partie **Législation, Administration.**	Nombre des Leçons
Historique de la culture des céréales, de la mouture et de la panification, aux différents âges du monde et jusqu'à nos jours. .	5	*Législations et Règlements divers*, régissant les usines, ateliers, manufactures, et particulièrement les minoteries, les boulangeries, et les manutentions	3
Contrées et États producteurs de céréales et de blé en particulier .	3	Tribunaux civils et arbitrages. .	2
Nations étrangères dont l'alimentation se compose plus particulièrement de bouillies de farines diverses, pâtes, semoules, etc..	2	Tribunal de commerce, Justice de paix, Conseil des prud'hommes.	3
Régions productrices de céréales, particulièrement de blé, en France	1	*Lois*, règlements et usages commerciaux des pays étrangers producteurs de blés et farines.	3
Régions minotières en France et à l'Étranger; genre des établissements : moulins de pays, de commerce, etc	3	*Traités de commerce* et régimes douaniers sur les céréales, les farines, le pain, les pâtes, etc..	3
Statistique de la production des céréales et de la farine dans le monde entier et en France . .	2	*Obligations spéciales* aux meuniers et aux boulangers : taxes, patentes et charges diverses. . .	2
Pays importateurs de céréales, de farines et des produits qui en dérivent.	2	*Lois et Règlements* relatifs à l'exploitation des cours d'eau, à la conduite des machines à vapeur.	2
Importations et exportations comparées	2	*Lois syndicales* sur l'organisation du travail, sur les accidents; sociétés de prévoyance	2
Cours et mercuriales en France et à l'Étranger.	1	*Organisation et direction* d'un moulin, d'une boulangerie, d'une manutention.	3
Voies commerciales : routes, canaux, chemins de fer. Tarifs divers	3	*Tenue des livres :* frais généraux et revenus divers	2
Lignes de navigation : assurances maritimes.	2	*Assurances* contre l'incendie, contre les accidents, les inondations, les risques professionnels . . .	3
Poids, mesures et monnaies en usage en France et à l'Étranger, dans le commerce des grains et farines	4	*Capital d'exploitation :* prix de revient et prix de vente, bénéfices	1
		Balance et bilan du meunier et du boulanger	1
Leçons de la Première Partie.	30	Leçons de la Seconde Partie.	30

Total des Leçons du troisième Cours | 60

Organisation et Administration.

En considérant ces programmes, on observe :

1° Que le premier Cours de première année, *Physique et Mécanique*, prépare le premier Cours de seconde année, *Construction de Machines;* c'est pourquoi ils pourront être confiés au même professeur, qui aura ainsi à donner soixante leçons par an.

2° Que le second Cours de première année, *Géométrie et Dessin linéaire*, initie les élèves aux formes et aux tracés des machines et appareils dont la construction et l'usage leur sont enseignés dans le second Cours de seconde année, *Meunerie et Boulangerie;* le même professeur pourra également suffire à ces deux Cours, de sorte qu'il aura, lui aussi, à donner soixante leçons par an.

3° Que le troisième Cours de première année ne présente aucun point de contact avec le troisième Cours de seconde année; ils seront, par suite, confiés à deux professeurs distincts.

Le professeur du Cours de *Chimie agricole et Botanique* aura donc, en première année, trente-cinq leçons accompagnées de manipulations et d'exercices nombreux et minutieux, et le professeur de *Législation, Administration, Histoire et Géographie* aura, en seconde année, soixante leçons sans travaux supplémentaires en dehors du Cours, ni manipulations, ni aucun exercice ou dessin.

Personnel enseignant et Directeur

Il suffit donc de *quatre Professeurs* pour faire tous les Cours, en première et en seconde année. Chaque Cours aura une durée de deux heures, sur lesquelles une demi-heure sera prise pour interroger, à tour de rôle, quelques élèves prévenus d'avance. Mais, trois de ces professeurs doivent encore, ainsi que l'indiquent les programmes, diriger et surveiller les manipulations, exercices et travaux pratiques des élèves; il en résulte que le temps qui sera pris à chacun des deux premiers professeurs se pourra évaluer à deux cents heures environ par an, tandis que l'on ne prendra à chacun des deux autres que soixante à quatre-vingts heures, au *maximum*. Or, il a semblé, qu'au début tout au moins, un cachet de 15 *f* par heure pourrait être considéré comme suffisamment rémunérateur, ce qui porte à 3 000 *f* par an le traitement des deux premiers professeurs, et à 1 200 *f* celui de chacun des deux autres.

Cette *Organisation condensée*, avec deux professeurs qui suivront les élèves durant leurs deux années (et à l'un desquels incombera encore la tâche difficile de diriger l'École), assure à l'*Enseignement*

une *Homogénéité* et une *Unité de Direction* très précieuses et d'un excellent effet, considérant qu'il s'agit d'un Enseignement absolument inédit, et dont l'exemple ne pourra être pris nulle part.

Les émoluments ci-dessus indiqués sont, précisément à cause de cette obligation, où sera chaque professeur, de créer de toutes pièces un *Enseignement nouveau*, assez peu en rapport avec la somme énorme de travail que chacun aura à fournir; mais, il n'est pas douteux, cependant, que les Titulaires se trouveront facilement, trop heureux de se consacrer à l'exécution d'une œuvre patriotique et d'une haute utilité pratique.

Il en est de même du Directeur qui, obligé de loger dans l'École, et de lui donner une attention de tous les instants, ne pourra recevoir de ce chef, à l'origine, un traitement supérieur à 4 000 *f.*

CHEFS DE TRAVAUX

Les professeurs seront secondés, ainsi qu'il a déjà été dit ci-dessus, par un *Chef des Travaux graphiques*, un *Chef Meunier* et un *Maître Boulanger*. Ces deux derniers, qui joueront le même rôle que les Contremaîtres dans les ateliers ordinaires, devront, à part la surveillance des travaux pratiques, veiller à l'entretien et au nettoyage de tout le matériel. Chacun de ces trois Chefs de travaux recevra, par an, 2 000 *f.*

Bilan de l'École.

Les éléments qui précèdent permettent d'établir approximativement les dépenses et les recettes annuelles composant le Bilan de l'**École pratique de Meunerie-Boulangerie.**

	DÉPENSES	
Traitement des quatre professeurs	8 400	*f*
— du directeur	4 000	
— des trois chefs de travaux	6 000	
Rétribution d'un agent comptable, caissier, etc.	1 200	
Gages d'un garçon de laboratoire	1 000	
— d'un concierge, garçon de bureau	1 000	
Fourniture de la force motrice	400	
— du chauffage et de l'éclairage	500	
— de 200 *q* de blé, à 18 *f.*	3 600	
Entretien des machines et appareils de meunerie, de boulangerie, et de tout le matériel et instruments de laboratoire	6 000	
Total des Dépenses annuelles	32 100	*f*

Il convient d'ajouter à ces *Dépenses Annuelles* les *Frais de Premier établissement*, une fois payés, qui peuvent se détailler comme suit:

Installation et aménagement dans un bâtiment existant.	10 000 *f*
Mobilier scolaire et instruments de laboratoire. . . .	12 000
Achat du moteur et des appareils de meunerie-boulangerie.	15 000
Total des Frais de Premier établissement. .	37 000 *f*

Recettes

Les dépenses annuelles seront en partie couvertes par diverses recettes dont la principale proviendra de la rétribution annuelle de 500 *f*, payée par les élèves.

Il n'est pas exagéré de compter ouvrir l'École avec au moins dix élèves, de sorte que, dès la seconde année, le total de ces rétributions atteindra 10 000 *f* par an.

A ces recettes, il faudra ajouter celles provenant de la **Station d'Essais** qui, faibles au début, ne tarderont certainement pas à prendre de l'importance : elles seront donc, pour commencer, évaluées seulement à 2 000 *f* par an.

Il faudra, enfin, porter encore à l'actif de l'École, les recettes provenant de la vente de certains produits et sous-produits de la mouture, environ 1 000 francs.

Donc, le total probable des recettes, dès la seconde année, sera de 13 000 francs.

Appel au Ministre de l'Agriculture et à la Ville de Paris.

C'est dans ces conditions, que le promoteur de l'**École pratique de Meunerie-Boulangerie** a pensé pouvoir compter sur le tout-puissant appui et les encouragements de M. le *Ministre de l'Agriculture :* il a sollicité de sa haute bienveillance une Subvention annuelle capable de couvrir la différence entre les dépenses et les recettes, et un Crédit unique pour faire face aux frais de premier établissement.

Il faut espérer aussi que le *Conseil général* et le *Conseil municipal* seront favorables à la création de l'**École pratique de Meunerie-Boulangerie**, et voudront bien s'y intéresser, en lui donnant un local et en contribuant, dans une certaine mesure, aux frais d'installation.

NOTE SUR LES MÉMOIRES

PRÉSENTÉS A

L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME

PAR

M. G.-J. HART

L'Association Technique Maritime vient de tenir la session que, pour des causes diverses, elle n'avait pu ouvrir à la fin de 1894. Cette session, très intéressante par la valeur des mémoires déposés, a été fort courte, la plupart des auteurs, retenus loin de Paris par leurs devoirs professionnels, n'ayant pu donner lecture eux-mêmes de leurs travaux.

Les mémoires présentés sont au nombre de huit, traitant les sujets les plus divers. Les uns se rapportent à la construction navale proprement dite, les autres aux chaudières et machines, d'autres enfin à des questions d'armement, d'hydrographie ou de statistique.

Le premier de ces mémoires, relatif à des *Observations sur les foyers des chaudières marines*, a été présenté par M. Daymard, Ingénieur en chef de la Compagnie Transatlantique, qui en a lui-même donné lecture. Il a fait l'historique des foyers cylindriques encore employés sur un grand nombre de navires de commerce, depuis les foyers lisses, suffisants pour de faibles pressions, jusqu'au dernier foyer à nervures dit foyer Morison, mis en service tout récemment.

M. Daymard a signalé les foyers à anneaux analogues à certains ciels de foyers de locomotives appliqués en Autriche, par notre collègue M. Polonceau, les foyers à nervures circulaires Fox, les premiers en date, puis ceux du type Farley, à nervures en spirales, les foyers Holmes à emboutissements non continus, les foyers Purves à nervures épaisses.

Tous ces foyers ont pour objet l'augmentation de résistance des foyers à l'aplatissement. Les uns augmentent la résistance à la flexion dans le sens des génératrices, les autres la résistance transversale; enfin les plus récents accroissent à peu près également la résistance dans les deux sens.

M. Daymard est très favorable aux foyers Purves, qui lui pa-

raissent meilleurs que les foyers Fox. Quant aux foyers Morison, ils sont trop récents pour qu'on soit exactement fixé sur leur valeur.

La pratique a démontré à M. Daymard que, pour être dans de bonnes conditions de transmission de chaleur il ne fallait pas dépasser 15 *mm* pour l'épaisseur des tôles et même se limiter à 13 *mm*, ce qui, avec les pressions en usage, correspond à un diamètre de 1,200 *m* au maximum.

Après cet historique, accompagné de la description détaillée de ces divers types de foyers, M. Daymard a examiné les causes d'avaries de ces appareils et en même temps en a indiqué les remèdes.

Il a successivement passé en revue les coups de feu, emboutissements, ovalisations, fuites et corrosions et a signalé que les emboutissements partiels, bien que paraissant dangereux au premier abord, ont moins de gravité que les ovalisations. Ces dernières, pour une différence très faible entre les deux diamètres perpendiculaires, diminuent la résistance dans une très forte proportion et donnent aux foyers une tendance prononcée à l'affaissement.

Il a aussi appelé l'attention sur les corrosions importantes qui se produisent dans le voisinage du plan des grilles et a indiqué qu'elles pouvaient être fortement diminuées par l'emploi de barreaux spéciaux empêchant la combustion de se produire dans le voisinage immédiat de la tôle.

M. Daymard a d'ailleurs posé en règle absolue que les répations de foyers devaient se faire par remplacement des parties malades et non par leur doublement, et a insisté sur les précautions à prendre pour établir le contact intime des pinces des tôles soumises à l'action du feu.

Enfin il a terminé en décrivant une méthode due à MM. Macquin, Ingénieur, et Marie, chef des travaux de la Compagnie Transatlantique, pour le remplacement sur place des foyers, ce qui présente de graves difficultés en raison de l'importance de ces pièces et du peu de place dont on dispose à bord. Grâce à cette méthode, un foyer peut être remplacé en douze jours sans déplacement de la chaudière, c'est-à-dire pendant le stationnement des paquebots transatlantiques au Havre. C'est là un résultat des plus remarquables, car tous nos collègues savent combien les ateliers les mieux outillés mettent de temps au remplacement des foyers de chaudières, même beaucoup moins considérables.

Le mémoire de M. Daymard sera très utilement consulté par tous ceux qui ont à assurer le fonctionnement régulier des chaudières; ils y trouveront des renseignements techniques et pratiques des plus précieux.

Le second mémoire lu à l'Association Technique Maritime traite des *Lois de similitude dans les constructions navales.* Il a été présenté par notre collègue, M. A. Normand, le constructeur bien connu du Havre, et forme en quelque sorte la suite des recherches qu'il a faites dans cette voie et qui ont débuté en 1864 par un mémoire des plus remarquables sur l'application de l'algèbre aux calculs des bâtiments de mer.

M. Normand examine les lois de similitude dans les machines à vapeur au point de vue du frottement, de la résistance des organes, des efforts dus à l'inertie des masses fixes et mobiles, des chutes de pression, etc., et arrive à cette conclusion qui paraîtra sans doute très intéressante à un grand nombre de nos collègues, que si on met à part la question des liaisons de la machine avec la coque qui devra être étudiée de très près pour chaque cas particulier, « un plan de machine fonctionnant à une pression déterminée peut être exécuté à une échelle quelconque sans que les conditions de charge des matériaux et des surfaces frottantes ainsi que les chutes de vapeur, soient modifiées, pourvu que le nombre de tours soit inversement proportionnel aux dimensions linéaires ».

« La puissance de la machine dans les mêmes conditions relativement aux forces d'inertie est alors proportionnelle au carré des dimensions linéaires et son poids par cheval aux dimensions linéaires. »

Cette règle ne s'applique, bien entendu, qu'à la machine proprement dite et non aux appareils évaporatoires et aux condenseurs pour lesquels des considérations spéciales la rendent inapplicable.

L'emploi d'un plan unique à la construction de machines de puissance différente, grâce à un simple changement d'échelle et de cotes, est des plus intéressants au point de vue de l'économie de temps et d'argent. Il est d'ailleurs complètement justifié par les résultats remarquables obtenus.

C'est ainsi que les plans des machines des torpilleurs *Revel* et *Sweaborg* exécutés en 1885 sont les mêmes que ceux des torpilleurs type Balny; le seul changement est dans l'échelle qui a varié dans le rapport $\frac{1,19}{1}$ En 1891, ces mêmes plans ont encore servi,

on sait avec quel succès, à la construction des machines de torpilleurs type Chevalier en le réduisant dans le rapport $\frac{0,90}{1}$.

M. Normand a terminé son mémoire par une étude comparative entre les dimensions des machines de paquebots et celles beaucoup plus ramassées des croiseurs actuels. Il voit dans le peu de place accordée à ces dernières la cause la plus importante des mécomptes que rencontrent aujourd'hui toutes les marines.

Enfin il a annexé à ce mémoire une étude sur la similitude dans les essais de modèles et de navires, et sur les ruptures des cylindres d'eau actionnés par les propulseurs, étude dans laquelle il étend aux phénomènes de soulèvement des coques et de rupture des cylindres d'eau propulsifs, la théorie de la similitude.

Le mémoire de M. Normand est donc des plus intéressants pour ceux qui s'occupent de la construction des machines à vapeur. Ils y trouveront des renseignements très utiles et l'exposé d'une méthode vérifiée par une longue et heureuse pratique.

M. L. Vivet a entretenu l'Association d'une *Étude sur la fatigue des navires*. Il a fait d'abord remarquer que les navires dits ne travailler qu'à 4 ou 5 *kg* à la fibre la plus chargée ne dénotent pas de fatigue, tandis que celle-ci est sensible pour les navires travaillant à 5 ou 6 *kg* et que les avaries sont fréquentes, surtout dans les hauts, quand les navires travaillent à 10 ou 11 *kg*.

En examinant les résultats des calculs effectués au Bureau Véritas, M. Vivet a trouvé que, pour les navires construits antérieurement à 1890, le travail par millimètre de la fibre la plus chargée est, malgré la diversité des types, sensiblement proportionnel au quotient du carré de la longueur divisé par le creux et que les différences observées par ce travail sur un grand nombre de navires sont indépendantes du tonnage.

Comme on a actuellement tendance à augmenter les deux facteurs L (longueur) et C (creux), il devait arriver un moment où la limite de rupture serait dépassée; aussi, à partir de 1890, a-t-on, pour retarder cette éventualité, ajouté des consolidations puissantes sur les grands navires (doublage des préceintes et gouttières) de sorte qu'à partir de cette époque il n'y a pas plus proportionnalité entre le travail par millimètre et le rapport $\frac{L}{C}$. Si on appelle R le travail par millimètre, le coefficient $\frac{L^2}{CR}$, qui était de 100 environ avant 1890, a notablement augmenté sur les grands bâtiments construits depuis cette époque.

Jusqu'ici les consolidations étaient faites sur les grandes coques d'une manière tout à fait empirique et par comparaison avec des navires existants. Ce système, outre son peu d'exactitude, a l'inconvénient de perpétuer pour ainsi dire certains types de navires dont on n'ose s'écarter trop de peur de tomber dans l'inconnu.

Les seuls points de repère dont on dispose actuellement pour la détermination des échantillons sont les règles des sociétés de classification (*Lloyd Anglais*, *Bureau Véritas*, etc...), encore laissent-elles à désirer si le navire sort de la pratique courante, soit comme dimensions, soit comme formes.

Pour remédier à ces divers inconvénients M. Vivet a cherché à déterminer les échantillons des pièces longitudinales en partant de la limitation des efforts, c'est-à-dire en établissant une relation entre la résistance à la flexion longitudinale et les forces qui produisent cette flexion.

Après avoir successivement étudié l'influence de la finesse de la coque ainsi que le moment de résistance de la section transversale par des considérations qui sortiraient du cadre de cette note, il est arrivé à cette conclusion que l'épaisseur moyenne du bordé doit être inversement proportionnelle au travail par millimètre qu'on ne peut pas dépasser d'après la relation

$$e = \frac{M}{0{,}33\ CR(C + Rl)},$$

dans laquelle :

M est le moment de flexion maximum, ou moment de rupture du navire ;

R le travail par millimètre qu'on ne veut pas dépasser ;

C le creux du navire ;

l la largeur du navire ;

K un coefficient numérique variable avec la hauteur de la fibre neutre au-dessous de la quille et pour lequel on peut prendre les valeurs ci-dessous :

Nombre de ponts bordés	Navires à fond simple	Navires à double fond
1 en bois.	$k = 2$	$k = 2{,}5$
1 en acier.	2,5	3
2 —	3	4
3 —	3,5	5
4 —	4	6

Il indique aussi que le moment fléchissant maximum entrant dans cette expression doit se calculer par la formule :

$$M = 5{,}1\,A\,\frac{L^2D}{(L+120)p} + \frac{\Psi-\varphi}{(2-\Psi)(2-\varphi)}\,\frac{LD}{8}$$

dans laquelle :

A est un coefficient numérique dont la valeur est égale à $A = \frac{S}{10bl}\left[\left(\frac{S}{bl}\right)^2 - \frac{S}{bl} + 0{,}8\right]$ étant la surface de la flottaison ;

b la longueur de la demi-flottaison et l sa largeur ;

L la longueur du navire ;

D son déplacement ;

Ψ coefficient de finesse de la demi-coque ou rapport de son volume au volume du parallélipipède circonscrit (Ex. $\Psi = 0{,}65$) ;

φ coefficient de finesse de la demi-carène ou rapport de son volume au volume du parallélipipède circonscrit (Ex. $\varphi = 0{,}48$).

M. Vivet doit d'ailleurs donner, dans la prochaine session, les résultats de l'application de ces formules à la pratique.

Il avait aussi annexé à ce mémoire une note sur des formules approximatives pour la détermination des rayons métacentriques initiaux qu'il propose d'évaluer par les formules suivantes :

$$R = \frac{L^3 l}{12V}\left(\frac{\sigma}{3-2\sigma}\right)$$ rayon métacentrique longitudinal ;

$$r = \frac{l^3 L\sigma^2}{12V}$$ rayon métacentrique transversal ;

R rayon métacentrique longitudinal ;

r rayon métacentrique transversal ;

L longueur de la flottaison considérée ;

l largeur de la flottaison considérée ;

σ coefficient de finesse, $\frac{S}{Ll}$ étant la surface de la flottaison.

Comme on peut le voir par cet aperçu, la question étudiée par M. Vivet est des plus importantes, et on peut espérer que de son travail résultera une méthode pratique de calcul pour les pièces de la charpente des navires qui se déterminent aujourd'hui d'une manière si empirique et si aléatoire.

M. Risbec, l'éminent Directeur des ateliers des Messageries Maritimes, a envoyé à l'Association Technique un mémoire très étendu sur les *Formules relatives au travail résistant des carènes et*

des machines, dont il n'a pu malheureusement venir donner lecture.

Cet important travail est divisé en trois parties : la première traite du travail résistant des carènes ; la seconde de la résistance des machines ; la troisième fait l'examen critique et l'application des formules établies à des navires connus, de manière à en justifier l'établissement.

La première partie étudie les différentes résistances au mouvement du navire ; la résistance directe qu'éprouve la carène à se déplacer dans l'eau, la résistance due au frottement et, enfin, la résistance due à la formation des vagues satellites à la surface du liquide.

Cette partie est d'un ordre trop spécial pour qu'il soit possible d'en donner ici un exposé sommaire. M. Risbec, comme tous ceux qui ont étudié cette question complexe, a été forcé de faire certaines hypothèses sur le mouvement du liquide le long de la carène. Il suppose que les réactions du liquide ne donnent naissance qu'à des efforts horizontaux, et il a soin d'indiquer que les formules qu'il a établies cessent d'être applicables s'il n'en est pas ainsi.

Il faut d'ailleurs ajouter que les applications faites dans la troisième partie du mémoire semblent démontrer que cette hypothèse est très admissible dans les cas plus fréquents.

Pour étudier algébriquement la résistance de la carène, M. Risbec substitue à la carène réelle, qui n'est pas un corps géométriquement défini, une carène fictive ayant même longueur, même largeur, même profondeur et même affinement que la carène réelle. Cette carène, formée de deux prismes triangulaires en forme de coins réunis par un prisme droit, ne diffère donc que très peu de la carène réelle ; la seule différence est que la surface des lignes d'eau, variable dans la carène réelle, est uniforme dans la carène fictive, l'acuité restant d'ailleurs la même.

Comme conclusion de cette première partie, M. Risbec donne, pour l'évaluation des diverses résistances qu'éprouve une carène en mouvement, les formules suivantes, relativement simples qui pourront rendre des services à ceux qui ont incidemment à s'occuper de ces questions.

A. — Résistances de la carène libre et indépendante du propulseur.

1° Résistance directe de la carène :

$$r_0 = 5B^2v^2\,(2 - \cos i')\,(1 - \cos i').$$

2° Résistance directe des accessoires de la carène (arbres porte-hélices, supports d'arbres, gouvernails, etc.) :

$$r_1 = Rb^2v^2.$$

3° Résistance due au frottement (carène et accessoires) :

$$r_2' = \varphi v^2\left[l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\left(\frac{W}{B^2}\right) + p\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\left(L + \frac{W}{B^2}\right) + \sigma + \sigma_1\right].$$

4° Résistance due à la formation du système de vagues satellites, indépendamment de la réaction du système créé par l'avant sur celui créé par l'arrière :

$$\text{(avant)}\ r_3 = v^2\left[\frac{2}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i'v^2\left(1 + \frac{\pi v^2}{2l_{av}}\right)\right];$$

$$\text{(arrière)}\ r_3' = v^2\left[\frac{1}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i''v^2\left(1 + \frac{\pi v^2}{2l_{ar}}\right)\right].$$

5° Résistance additionnelle (positive ou négative) due à la réaction du système de vagues créé par l'avant sur celui créé par l'arrière.

$$r_4 = \left[\frac{3}{4}r_3\left(\frac{-\cos 2n\pi}{2^n}\right)\right]v^2.$$

B. — Résistances dues à la réaction du propulseur sur la carène.

6° Résistance additionnelle due à l'effet de la dépression causée par le propulseur sur la carène proprement dite :

$$r_5 = \frac{1\,026}{2g}(2uv + u^2)\,B^2\left(\frac{\omega^2}{B^2}\right)^{\frac{2}{3}}\frac{2\omega}{2\omega + 3\,(L_{ar} - \delta)} \qquad (6_a)$$

(cas de l'hélice en avant de l'extrémité arrière de la dimension L) ;

$$r_3 = \frac{1\,026}{2g}(2uv + u^2)\,B^2\left(\frac{\omega^2}{B^2}\right)^{\frac{2}{3}}\frac{4\omega^2}{(2\omega + 3\delta)\,[2\omega + 3\,(L_{ar} + \delta)]} \quad (6_b)$$

(cas de l'hélice en arrière de l'extrémité arrière de la dimension L).

7° Résistance additionnelle due à l'accroissement du frottement que subit la carène proprement dite par suite de l'action de l'hélice, en kilogrammes :

$$r_6 = \frac{2}{3}\,\varphi\omega^2\left(\frac{2t_{ar}}{\omega}\right)^{\frac{1}{3}}(u^2 + 2uv) \quad (7_a)$$

pour le cas de l'hélice en avant de l'extrémité arrière de L ;

$$r'_6 = \frac{2}{3}\,\varphi\omega^2\left(\frac{2t_{ar}}{\omega}\right)^{\frac{1}{3}}\left(\frac{2\omega}{2\omega + 3\delta}\right)(u^2 + 2uv) \quad (7_b)$$

pour le cas de l'hélice en arrière de l'extrémité arrière de L.

8° Résistance additionnelle due à l'accroissement de frottement des accessoires de la carène, par suite de l'influence de l'hélice, en kilogrammes :

$$r_7 = K^2(u^2 + 2uv) + \sigma_1(u^2 + 2uv). \quad (8)$$

L'action de l'hélice sur le frottement des quilles est négligeable. Quand le navire possède deux hélices jumelles, les formules 6_a, 6_b, 7_a, 7_b et 8 sont encore applicables, mais il faut remplacer B^2 par $\frac{B^2}{2}$, $2t_{ar}$ par t_{ar}, b^2 par $\frac{b^2}{2}$ et σ_1 par $\frac{\sigma_1}{2}$.

Notations employées dans ces diverses formules.

L longueur virtuelle de la carène comptée de l'axe du gouvernail à l'extrémité avant de la flottaison et augmentée de la demi-saillie de l'éperon, s'il en existe un constituant un véritable prolongement des formes, en mètres ;

L_{av} longueur de la partie avant de la carène, en mètres ;

L_{ar} longueur de la partie arrière de la carène, en mètres ;

l largeur maxima au fort, en mètres ;

p profondeur moyenne de carène, en mètres ;

S surface de la flottaison, en mètres carrés ;

B^2 surface immergée de la maîtresse section, en mètres carrés ;

W volume de la carène, en mètres cubes ;

σ surface latérale des quilles diverses, en mètres carrés ;

σ_1 surface latérale des accessoires de coque et du gouvernail, en mètres carrés ;

b^2 section transversale des accessoires de la carène, en mètres carrés ;

k coefficient variant de 2 à 5 *kg* suivant l'affinement des accessoires de carène ;

φ coefficient de frottement de l'eau sur la carène variable comme ci-dessous : peinture vernissée $\varphi = 0{,}1142 + \dfrac{0{,}2486}{2{,}20 + L}$

Peinture au vert de Schveinfurth $\varphi = 1{,}10\left(0{,}1142 + \dfrac{0{,}2486}{2{,}20 + L}\right)$

— au minium — $\varphi = 0{,}93\left(0{,}1830 + \dfrac{0{,}460}{1{,}25 + L}\right)$

Doublage en cuivre (suivant la grandeur du navire) $\varphi = 0{,}11$ à $0{,}12$;

i' angle moyen de la partie avant des lignes d'eau de la carène avec le plan longitudinal ;

i'' angle moyen de la partie arrière des lignes d'eau de la carène avec le plan longitudinal :

$$n\left[L - \frac{1}{4}\left(L_{av}\cos^2 i' + L_{ar}\cos^2 i''\right) + \frac{\pi v^2}{3g}\right]\frac{1}{0{,}64 v^2},$$

valeurs de $\dfrac{-\cos 2n\pi}{2^n}$.

n	$\frac{-\cos 2n\pi}{2^n}$	n	$\frac{-\cos 2n\pi}{2^n}$	n	$\frac{-\cos 2n\pi}{2^n}$	n	$\frac{-\cos 2n\pi}{2^n}$
0,00	−1,000	0,30	+0,250	0,60	+0,534	0,90	−0,434
0,05	−0,918	0,35	+0,402	0,65	+0,374	0,95	−0,492
0,10	−0,754	0,40	+0,614	0,70	+0,188		
0,15	−0,530	0,45	+0,696	0,75	0,000		
0,20	−0,266	0,50	+0,708	0,80	−0,176		
0,25	0,000	0,55	+0,650	0,85	−0,326		

NOTA. — Pour calculer la valeur de $\dfrac{-\cos 2n\pi}{2^n}$ dans le cas où $n > 1$, on prendra dans ce tableau la valeur inscrite du facteur $\dfrac{-\cos 2n\pi}{2^n}$ corrrespondant à la partie décimale de la valeur n considérée, et on la divisera par 2 élevé à la puissance indiquée par le nombre d'unités de la partie entière.

Exemple pour $n = 3{,}05$:

$$\frac{-\cos 2n\pi}{2_n} = \frac{-0{,}918}{2^3} = \frac{-0{,}918}{8} = -0{,}115.$$

v vitesse du navire ;
u accroissement de vitesse du liquide dû à l'action de l'hélice;
ω^2 surface du cercle décrit par l'hélice ;
δ distance du plan médian du propulseur à l'extrémité arrière de la dimension L (en avant ou en arrière de cette extrémité) ;
t_{ar} tirant d'eau arrière.

Dans la seconde partie de son travail, M. Risbec examine quel est le travail résistant absorbé par les machines et quelle est la fraction de la puissance développée par la machine qui est transmise au propulseur.

Pour y arriver, il divise les résistances passives en deux classes.

La première, qu'il qualifie de résistance initiale (parce que c'est la force nécessaire pour faire tourner la machine échauffée et graissée, mais sans pression de vapeur et sans propulseur), comprend les frottements des presse-étoupes, des pistons, les frottements dus au poids des pièces, etc. Cette résistance est donc uniquement proportionnelle au nombre de tours et peut s'exprimer $r_i = \alpha N$, N étant le nombre de tours.

En pratique, on trouve que pour la puissance F maxima d'une machine développée avec le nombre N_1 de tours, on a $\frac{\alpha N_1}{F_1} = \varepsilon = 0{,}08$ pour les grands navires modernes, et $\frac{\alpha N_1}{F_1} = \varepsilon = 0{,}13$ à $0{,}20$ pour les navires moyens ou petits.

La seconde catégorie de résistances comprend celles dues à l'action de la vapeur sur les pistons et tiroirs, qui sont proportionnelles à la puissance F, indiquée sur les pistons ; cette résistance peut donc s'évaluer par la formule $r_v = \beta F$.

En pratique, on peut compter que $\beta = 0{,}07$.

Si on appelle f la fraction d'une puissance F transmise au propulseur, sa valeur en fonction de la puissance maxima sera déterminée par l'expression $f = 1 - 0{,}07 - \varepsilon \left(\frac{f}{f_1}\right)\left(\frac{f_1 F_1}{fF}\right)^{\frac{2}{3}}$, F_1 étant la puissance maxima de la machine et f la partie de cette puissance transmise au propulseur.

Pour simplifier les calculs, le tableau ci-après donne les valeurs de $\frac{fF}{f_1F_1}$, $\frac{F}{F_1}$ et $\frac{f}{f_1}$ pour $f_1 = 0{,}85$, $f_1 = 0{,}79$, $f_1 = 0{,}73$, et $\varepsilon = 0{,}08$, $\varepsilon = 0{,}14$, $\varepsilon = 0{,}20$.

Il sera facile d'en déduire par interpolation les valeurs de $\frac{fF}{f_1F_1}$, $\frac{F}{F_1}$ et $\frac{f}{f_1}$ correspondant aux valeurs intermédiaires de ε et de f_1, et par suite de calculer f.

$\varepsilon = 0{,}08$		$\varepsilon = 0{,}14$		$\varepsilon = 0{,}20$		$\frac{fF}{f_1F_1}$
$\frac{F}{F_1}$	$\frac{f}{f_1}$	$\frac{F}{F_1}$	$\frac{f}{f_1}$	$\frac{F}{F_1}$	$\frac{f}{f_1}$	
0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
0,077	0,646	0,098	0,510	0,118	0,422	0,05
0,131	0,761	0,155	0,645	0,178	0,561	0,10
0,183	0,820	0,207	0,723	0,232	0,647	0,15
0,233	0,858	0,258	0,775	0,283	0,707	0,20
0,283	0,884	0,307	0,814	0,331	0,754	0,25
0,332	0,904	0,355	0,844	0,379	0,791	0,30
0,429	0,933	0,451	0,887	0,473	0,846	0,40
0,525	0,952	0,544	0,919	0,563	0,888	0,50
0,621	0,966	0,637	0,942	0,652	0,920	0,60
0,716	0,978	0,728	0,961	0,741	0,945	0,70
0,811	0,986	0,818	0,978	0,827	0,967	0,80
0,905	0,994	0,910	0,989	0,915	0,984	0,90
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,00
1,094	1,005	1,089	1,010	1,086	1,013	1,10
1,188	1,010	1,180	1,017	1,171	1,025	1,20
∞	1,094	∞	1,177	∞	1,274	∞
$f_1 = 0{,}85$		$f_1 = 0{,}79$		$f_1 = 0{,}73$		

La troisième partie du mémoire fait la critique de la méthodo qui a présidé à l'établissement des formules données plus haut, celles-ci, en raison des hypothèses faites, ne constituant que des moyens d'évaluation approximatifs. M. Risbec signale que les formules, bien que s'appliquant assez exactement à des carènes habituelles, auraient besoin d'être vérifiées par un grand nombre d'expériences directes et peut-être d'être légèrement modifiées. Il indique quels sont les points sur lesquels paraissent devoir

porter ces modifications et enfin applique les formules établies au calcul de la résistance de certains navires pour lesquels on est en possession de nombreux résultats d'expériences directes.

Il démontre que pour *le Greyhound* (navire), *le Bayard* (modèle et navire), *le Milan* (modèle et navire), *l'Océan* (modèle et navire), *le Lapérouse* (navire), *le Voltigeur* (navire), *le Dumont-d'Urville* (navire), ces formules donnent des résultats très concordants avec ceux des expériences directes, malgré l'incertitude résultant de la détermination du coefficient de frottement du doublage en cuivre.

Pour les navires dont la carène est recouverte d'une peinture vernissée, l'application se fait encore plus exactement, ainsi que le démontrent les résultats obtenus par *le Yang-Tsé*, *l'Océanien*, *la Plata*, *le Portugal*, *la Seyne*, *l'Haïphong*, *la Gascogne* et *le Navarre*.

Enfin, pour les navires peints au minium ou au vert de Schweinfurth, tels que *l'Armand-Béhic*, *l'Héroïne*, *le Friedland*, *l'Amiral-Duperré*, *la Tempête*, *le Fulminant*, les formules et les coefficients indiqués donnent des résultats très voisins de la réalité.

Le travail de M. Risbec a donc un intérêt pratique. Il marque un très grand progrès dans l'étude de la question si complexe de la résistance des carènes. C'est un nouveau service que rend à la science le savant directeur des ateliers des Messageries Maritimes, et comme il le dit trop modestement, c'est un appendice des plus importants à la théorie générale du navire de MM. Pollart et Dudebout.

Notre collègue M. Merveilleux du Vignaux a donné lecture d'un mémoire sur *l'Artillerie de bord et l'armement des navires*.

Ce travail est divisé en deux parties : la première traite du matériel d'artillerie actuel et de son installation à bord; la seconde, de l'armement des navires.

Dans la première partie, M. du Vignaux passe successivement en revue le canon, l'affût, les munitions, les soutes, les monte-charges, les tourelles et la disposition de l'artillerie.

Il fait ressortir que la caractéristique de l'artillerie actuelle est sa grande vitesse initiale, due à l'emploi d'une grande longueur d'âme et des poutres lentes. Cette vitesse, qui ne dépassait guère 600 *m* il y a quelques années, atteint aujourd'hui 800 *m* en service courant et des expériences récentes ont même permis de réaliser celle de 1 200 *m*.

Un canon de 10 *cm* de notre Collègue, M. Canet, ayant 80 calibres de longueur, a donné, il y a deux ans, 1 026 *m*. Il faut cepen-

dant ajouter que les nouvelles pièces, très puissantes, seraient très difficiles à installer sur un navire qui n'aurait pas été spécialement disposé pour les recevoir; mais c'est là un inconvénient tout à fait secondaire, et il est tout naturel, dans l'étude du navire proprement dit, de tenir compte de l'encombrement des pièces, de la position des cônes de gaz émis lors du tir et de la manœuvre des munitions.

En ce qui concerne le canon lui-même, M. du Vignaux arrive aux conclusions suivantes :

. 1° Pour une même puissance vive à la bouche, il y a avantage à avoir un projectile de poids modéré et une vitesse aussi grande que possible, actuellement 800 à 850;

2° Les canons longs sont aujourd'hui aussi pratiques que les canons courts;

3° Un canon d'une longueur moyenne peut être remplacé avantageusement, au point de vue balistique, par une bouche à feu plus longue, plus légère et d'un calibre moindre.

C'est en 1886 que M. Canet, promoteur des canons longs et le premier Ingénieur qui ait étudié un système complet d'artillerie, a, pour la première fois, appliqué aux croiseurs japonais *Matsuschima*, *Itsukushima* et *Hashidate* des canons de 35 *cm* de calibre et de 45 calibres de longueur, réduits à 40 calibres par suite de nécessités de bord. Ces pièces, qui ont donné toute satisfaction, ne pesaient que 66 *t* et lançaient un projectile de 450 *kg* à la vitesse initiale de 730 *m*. Leur puissance était la même que celle des canons Armstrong et Krupp de 110 et 120 *t*. Ces chiffres montrent le progrès réalisé par M. Canet.

Actuellement, les canons de la marine française, tirant à forte charge, atteignent une vitesse initiale de 800 *m* avec une longueur de 45 à 50 calibres. Par compensation, l'augmentation de longueur d'âme a permis de réduire le calibre des pièces tout en conservant la même puissance balistique et même en la dépassant.

C'est ainsi qu'aujourd'hui les gros calibres de 45 *cm* sont remplacés par des pièces de 30,5 *cm* et 32 *cm*, que le 27 *cm* est remplacé par le 24 *cm*, et le 24 *cm* ancien par le 19 *cm* actuel.

Après avoir examiné le canon, M. du Vignaux étudie l'affût, dont il signale les perfectionnements importants, tels que les freins hydrauliques limitant le recul, l'indépendance de la ligne de mire du recul de la pièce, l'augmentation des angles de pointage, tant positifs que négatifs, et la plus grande facilité de manœuvre qui permet de supprimer l'emploi des appareils hydrau-

liques et même électriques et de revenir à la manœuvre à bras pour les pièces dont le calibre ne dépasse pas 16 *cm.*

Il signale ensuite les modifications apportées aux munitions, tant dans leur forme que dans leur calibre, par l'emploi des poudres sans fumée et des pièces à grande longueur d'âme.

Il appelle l'attention sur les précautions nécessaires dans l'installation des soutes qui doivent être soustraites aux élévations de température, altérant les poudres et les rendant brisantes, ainsi que sur celles à prendre pour l'installation des monte-charges dont le bon fonctionnement a tant d'importance pendant le combat.

Enfin, il fait l'historique des divers genres de tourelles en usage, tourelles barbettes avec chargement dans une position unique ou avec chargement central, tourelles fermées protégeant mieux le mécanisme des pièces, les servants et les monte-charges, tourelles équilibrées avec ou sans pivot, tourelles se manœuvrant à la main ou à l'aide d'appareils hydrauliques et électriques.

M. du Vignaux termine cet historique en faisant ressortir les progrès réalisés dans l'équilibrage des tourelles, qui ont pour conséquence une diminution importante des efforts supportés par ces dernières et, par suite, une diminution du poids de leur charpente. Il insiste aussi sur les inconvénients que présente la disposition de deux canons jumelés dans une même tourelle et, enfin, termine par l'examen de la disposition à donner à l'artillerie à bord des différents genres de navires.

La seconde partie du mémoire de M. du Vignaux traite de l'armement des navires et cherche à établir une base rationnelle de comparaison au point de vue de la puissance en artillerie entre des navires similaires.

Les conditions dont il faut tenir compte dans cette comparaison sont multiples et quelques-unes bien difficiles à chiffrer. Il faudrait, en effet, pour être exact, y faire intervenir les éléments suivants :

Le calibre et le poids du projectile ;
La vitesse initiale du projectile ;
Le nombre de pièces installées à bord :
Le nombre de coups tirés par chacune d'elles dans un temps donné ;
Le secteur battu par chaque pièce ;
La facilité de manœuvre des affûts ;

La justesse des pièces variable suivant le calibre et la tension de la trajectoire;

La rapidité avec laquelle se fait la manutention des munitions.

L'énumération seule des conditions à réaliser montre la difficulté de la comparaison.

M. du Vignaux propose une formule qui ne tient pas compte des trois premières et serait de la forme :

$$P = \frac{1}{29}(m_1 n_1 p_1 v_1^2 + m_2 n_2 p_2 v_2^2 + m_3 n_3 p_3 v_3^2)$$

dans laquelle P est la puissance du navire en artillerie, m_1 le nombre de pièces, n_1 le nombre de coups tirés par minute et par pièce, p_1 le poids du projectile, v_1 la vitesse initiale pour les pièces de gros calibre (au-dessus de 16 *cm*) ; m_2, n_2, p_2 et v_2 les données correspondantes pour l'artillerie moyenne (10 à 16 *cm*) et m_3, n_3, p_3 et v_3 celles se rapportant à l'artillerie légère (au-dessous de 10 *cm*).

Il propose de rapporter cette puissance vive P au tonnage du navire, et donne dans des tableaux établis sur ces bases la comparaison d'un certain nombre de bâtiments.

Cette seconde partie se termine par une étude sur le choix des calibres, suivant le but qu'on se propose, et sur le poids qu'on peut consacrer à l'artillerie à bord d'un navire.

M. du Vignaux divise ainsi les calibres actuellement en service :

Canons de 37 *mm*, 47 *mm*, 57 *mm*, 65 *mm* pour les pièces légères et à tir rapide ou canons-revolvers ;

Canons de 10 *cm*, 14 *cm* et 16 *cm* pour les pièces moyennes à tir rapide ;

Canons de 19 *cm* et 24 *cm* pour les pièces destinées à l'armement des croiseurs;

Canons de 24 *cm* à 32 *cm* pour les pièces destinées à l'armement des cuirassés.

Comme on peut le voir par ce compe rendu succinct, le mémoire de M. du Vignaux est le complément de celui qu'il a présenté à la Société des Ingénieurs Civils dans les séances des 2 et 16 février 1894; nos collègues que ces questions intéressent pourront y faire une ample moisson de renseignements utiles.

M. Muller, capitaine au long cours, a présenté une note sur les effets de la loi italienne sur la marine marchande, loi qui ressemble beaucoup à la loi française du 30 janvier 1893.

Cette loi, promulguée le 6 décembre 1885, n'accorde, comme prime à la navigation, que 0,65 *f* par tonneau de jauge nette et par 1 000 milles parcourus aux navires à voiles et à vapeur sans décroissance annuelle. Comme prime à la construction, elle accorde 77 *f* par tonneau de jauge brute pour les navires en fer et en acier, 17 *f* pour ceux en bois, 37,50 *f* pour les flotteurs en fer et en acier, 12,50 *f* par cheval indiqué pour les machines et 9,50 *f* par tonne de chaudière. Elle donne, en outre, 1 *f* par tonne de charbon importé en Italie et provenant d'un port au delà de Gibraltar.

M. Muller montre que, depuis 1891, les constructions navales exécutées en Italie paraissent faire un pas en arrière, puisque les primes à la construction, qui étaient de 2 953 665,74 *f* en 1891, sont tombées en 1893 à 959 232,98 *f*.

Les primes à la navigation ne semblent pas révéler une meilleure situation, puisqu'elles sont tombées de 1 233 826 *f* en 1889 à 556 652,94 *f* en 1894.

Le nombre de navires appelés à bénéficier de ces diverses primes diminue de jour en jour, bien que le mouvement maritime ne diminue pas, ainsi qu'il ressort de la perception des taxes maritimes.

M. Muller attribue les résultats médiocres obtenus par la loi à l'excès de protection qui ne fait bénéficier de la prime que les navires construits en Italie, et à l'insuffisance des primes.

Ces deux raisons font que l'armateur a encore avantage à se procurer le navire à l'étranger dont les constructions représentent 91 0/0 du tonnage net de la marine marchande italienne.

Cette marine, qui comptait, en 1876, 127 vapeurs (57 882 *tx* de jauge nette) et 10 903 voiliers (1 020 483 *tx* de jauge nette), comprenait à la fin de décembre 1893, 327 vapeurs (208 193 *tx*) et 6 341 voiliers (588 268 *tx*); le tonnage des voiliers et leur nombre ont donc très sensiblement diminué, ce qui est d'ailleurs la caractéristique de cette époque pour toutes les marines marchandes.

M. Muller termine en exprimant la crainte que la loi française sur la marine marchande promulguée le 30 janvier 1893 ne donne pas de résultats beaucoup meilleurs en raison de la suppression de toute compensation pour les navires de provenance étrangère. Il signale notamment que la surprime de 25 0/0 allouée aux navires dont les plans ont été approuvés par le Ministère de la Marine ne pourra jamais être atteinte par les particuliers ou les Sociétés non subventionnées en raison de l'augmentation de vitesse

qui doit y correspondre. Pour la loi de 1881, deux navires seulement, le *Château-Yquem* et le *Château-Margaux*, ont obtenu cette surprime, bien que cette loi ne fixe la vitesse minimum qu'à 13,5 nœuds. Combien de navires l'obtiendront-ils avec la loi de 1893 qui fixe ce minimum à 17,5 nœuds ?

M. Maurice Dibos a présenté deux notes succinctes.

La première, qui a pour objet *l'Utilité des scaphandres à bord des navires long courriers*, indique les avantages que retireraient les capitaines et par suite les armateurs de la présence de cet appareil dans l'armement des navires. Le scaphandre simplifierait en effet un grand nombre d'opérations; il faciliterait la visite fréquente et minutieuse de la carène, l'aveuglement des voies d'eau, l'exécution de réparations provisoires. La marine militaire munit d'ailleurs de scaphandres tous ses navires et il n'y a aucun doute sur les avantages qu'on retirerait de leur présence sur les navires de commerce, avantages qui compenseraient bien vite le léger sacrifice correspondant à l'achat des appareils.

La seconde note de M. Dibos est relative à *l'Application de la méthode Horta pour le jaugeage des fleuves et estuaires maritimes au moyen des flotteurs amarrés.*

M. Dibos rappelle que les bouées espars ont été primitivement employées en Amérique pour le balisage des estuaires encombrés de glaces, en raison du peu de chances de dérive qu'elles présentent grâce à leurs formes qui n'opposent aucune résistance aux corps qui viennent les heurter.

En même temps elles sont très visibles, le mât qui les compose flottant verticalement sous l'action d'un contrepoids.

C'est M. Horta, Ingénieur de la Marine, à Anvers, qui a le premier étudié leur stabilité et les a employés au balisage de l'Escault.

M. Dibos propose de les munir d'appareils enregistreurs des angles d'inclinaison et des flottaisons sur un papier sans fin, et de déterminer au moyen du calcul la vitesse des courants qui auront produit ces inclinaisons.

On passerait ensuite facilement de la vitesse à la valeur du débit du cours d'eau.

Il y a là une tentative des plus intéressantes.

NOTES

DE

NOS CORRESPONDANTS ET MEMBRES

DE PROVINCE ET DE L'ÉTRANGER

LES

CHEMINS DE FER DU TRANSVAAL

PAR

M. J. de KONING

On connaît les grandes lignes de l'histoire du Transvaal. C'est celle des Boers, d'origine mixte mais surtout hollandaise (1), habitants séculaires de la Colonie du Cap, qui, se soustrayant il y a quelques dizaines d'années à l'influence anglaise pour aller habiter au delà de la rivière Vaal, y établirent un nouvel État au moyen d'efforts héroïques, ayant eu à se défendre contre les attaques et les machinations des indigènes. On se rappelle la guerre que la jeune république eut à soutenir contre l'Angleterre, guerre aboutissant à sa complète indépendance. On n'a pas oublié, non plus, le développement extraordinaire qu'a pris la république dans la dernière dizaine d'années par suite de l'industrie aurifère.

Le Transvaal n'a pas de voies d'eau naturelles ; son développement dépend donc des chemins de fer, il ne touche pas à la mer, par suite, il dépend des chemins de fer étrangers. Les quatre ports de mer qui, pour le Transvaal, sont de première importance sont Capetown, Port-Élisabeth, Durban (Natal) et Lourenço-Marques. La route par Lourenço-Marques, colonie portugaise, est la seule qui se trouve en dehors de l'influence anglaise. C'est par là qu'on espérait trouver un point d'attache à la mer. C'est ce qui a eu lieu, puisque le 1er janvier 1895 la ligne principale de la Société des chemins de fer néerlandais-sud-africaines, celle qui va de la capitale Prétoria à la mer, a été ouverte au public.

(1) Parmi les familles des Boers se trouvent beaucoup de noms français; la plupart d'entre eux sont des réfugiés protestants.

En 1882, le major du génie portugais, M. Machado, dressait un projet de chemin de fer de Lourenço-Marques jusqu'à la frontière de la République, et le gouvernement de cette dernière lui enjoignait d'en dresser un depuis la frontière jusqu'à la capitale. C'est sur les bases du projet Machado que la route de la mer jusqu'au territoire transvaalien fut concessionnée par le gouvernement portugais à M. Mac Murdo, colonel américain, en décembre 1883.

En 1884, une députation officielle de la République visitait les Pays-Bas. Une des conséquences de cette visite fut que le gouvernement concéda la ligne sur le territoire transvaalien à un groupe d'ingénieurs néerlandais avec garantie d'intérêts jusqu'à six pour cent de la part du Gouvernement de la République.

Malgré cette condition avantageuse, les financiers ne pouvaient pas encore se décider à s'engager dans cette voie, d'autant moins que la concession sur le territoire portugais était toujours entre les mains de M. Mac Murdo qui ne se décidait à commencer les travaux que lorsque le gouvernement portugais allait lui retirer la concession (mars 1887). C'est alors, au moment même où les concessionnaires néerlandais allaient commencer leurs travaux, qu'une Société anglaise se formait pour construire le chemin de fer de la concession Mac Murdo. Dans la même année (juin 1887) la Société des chemins de fer néerlandais sud-africaine se formait avec un capital provisoire de 6 millions de florins.

A cette époque, la Société anglaise commençait ses travaux avec beaucoup d'énergie et achevait sa voie sur 80 *km* en peu de mois, bien que les constructions fussent faites d'une manière très primitive.

La Société néerlandaise voulant commencer en même temps les travaux sur le territoire transvaalien en fut empêchée par un arrêté du Président de la République qui, ne voulant pas livrer le commerce de son pays à l'arbitraire des tarifs de la Société anglaise, décidait que les travaux de la ligne de la capitale Prétoria à la mer (Delagoa) ne seraient commencés que lorsqu'une convention sur ces tarifs serait passée et ratifiée. La Société anglaise montrait une disposition très peu favorable pour mener à bonne fin les négociations, de sorte qu'on en restait là jusqu'au mois de juin 1889. C'est alors que le gouvernement portugais déclarait déchue la concession Mac Murdo parce que la Société n'avait pas achevé la ligne jusqu'à la frontière transvaalienne, ayant laissé en souffrance les neuf derniers kilomètres.

Le gouvernement portugais prenait possession des travaux et

passait la convention sur les tarifs le 4 septembre 1889 ; la Société néerlandaise fut alors admise à commencer ses travaux.

Cependant elle n'avait pas perdu son temps ; non seulement elle avait préparé l'exécution de la ligne principale en remaniant complètement le projet primitif, mais encore elle avait construit une autre ligne de chemin de fer dans le pays même, de Johannesburg (le centre de l'industrie aurifère) à Boksburg. Cette ligne, prolongée plus tard dans la direction orientale jusqu'à Springs, et vers l'ouest jusqu'à Krugersdorp, ayant entre ces deux terminus actuels une longueur de 80 *km*, a toujours donné d'excellents résultats ; sa construction présentait des difficultés réelles, parce qu'elle n'était en communication avec aucune ligne de chemin de fer, de sorte que les matériaux de construction devaient tous être transportés sur d'énormes distances, en chariot, par les routes très primitives de l'Afrique méridionale. Dans les années qui suivirent, la Société a encore construit, en même temps que la ligne principale, un chemin de fer de Prétoria à la frontière du Vrijstaat, formant une communication directe avec Capetown, Port-Élisabeth et East-London ; un embranchement sur Barbertown et une ligne de Elsburg à Charlestown sont en construction. La capitale du Transvaal a donc, dès maintenant, quatre lignes de chemin de fer jusqu'à la mer ; en peu de temps elle en aura cinq, dont la ligne vers Delagoa est dans les meilleures conditions quant à la longueur. Les distances jusqu'aux ports de mer différents sont les suivants :

Pretoria-Delagoa	560 *km*
Pretoria-Capetown	1 660
Pretoria-Port-Élisabeth	1 190
Pretoria-East-London.	1 110
Pretoria-Durban	810

La totalité des lignes de la Société dans la République (exploitation et construction) *(voir pl. 129)*, est de :

Pretoria-Delagoa.	472 *km*
Pretoria-frontière Vrijstaat	125
Springs-Johannesburg-Krugersdorp	80
Elsburg-Charlestown.	253
Total des chemins de fer	930 *km*

La Société compte 1 072 employés, dont la moitié a été recrutée

dans les Pays-Bas et l'autre moitié en Afrique parmi les diverses nationalités qui s'y trouvent.

Son capital est actuellement de 14 millions de florins en actions et 67 millions en obligations. Les intérêts des obligations sont garantis par l'État; du reste, dès la première année de l'exploitation, les revenus suffisaient déjà pour couvrir les intérêts et les frais d'exploitation.

La ligne principale trouve dans son point terminus, à Lourenço-Marques, une rade qui abrite d'une manière très suffisante les grands steamers qui y abordent. Les différences de marées en temps de vives eaux y sont de 3,5 *m*. Divers débarcadères facilitent l'accès, celui de la Société du chemin de fer est le meilleur; à son extrémité se trouve 8 *m* de tirant d'eau au-dessous du niveau des mortes eaux. La Société possède, dans le voisinage, des terrains étendus servant au mouvement commercial.

Au port, commence le chemin de fer d'État portugais (l'ancienne ligne Mac-Murdo). Il parcourt un pays assez plat et ne présentant pas de grandes difficultés techniques sur 90 *km* de longueur. A 3 *km* de la frontière se trouve le fleuve Komati, que le chemin de fer traverse au moyen d'un pont en fer ayant sept travées de 30 *m*, posé sur des piliers en béton protégés par un revêtement de granit.

La superstructure de la voie est en acier, pour les 70 premiers kilomètres sur traverses en acier (système Post), pour le reste sur traverses en bois (djatti). Les premiers rails ont 26 *kg* de poids par mètre, les traverses 35 *kg* la pièce; les autres rails sont de 29,75 *kg*. La largeur de la voie est de 1,067 *m*; la plus forte pente, excepté sur la partie en crémaillère, est de 20/1 000e; le rayon minimum des courbes de 150 *m*. Sur une partie en crémaillère, longue de 3 382 *m*, la pente est de 50/1 000e.

Sur le trajet Prétoria-Frontière portugaise (472 *km*) se trouvent 25 gares et haltes et 133 travées de pont de 5 à 30 *m*.

Les travaux sont dans un état parfait; autant que possible, ponts, locomotives, voitures sont de provenance néerlandaise.

On peut prévoir que le chemin de fer aura une grande influence sur le développement du pays dont les richesses naturelles ne sont encore que peu développées. La Société exploite avec profit une houillère à Springs, il n'est pas douteux que dans la République ne se trouvent de nombreux gisements de charbon et de métaux. Le développement de l'industrie aurifère est connu : les mines du district de Johannesburg ont rapporté :

En 1887.	34 897	onces
1888.	230 917	—
1889.	370 733	—
1890.	494 800	—
1891.	729 213	—
1892.	1 210 903	—
1893.	1 478 473	—
1894.	2 024 168	—

soit pour la dernière année une valeur d'à peu près 100 millions de florins (1 fl. = 2,10 *f*).

Les travaux de chemins de fer dont la Société peut s'enorgueillir à juste titre ont ouvert une nouvelle ère à la République du Transvaal, qui, par ces communications avec la mer, aura beaucoup amélioré ses chances dans la lutte pour son indépendance nationale et politique, lutte qu'elle doit soutenir contre les influences anglaises du dehors et du dedans. D'une part, le développement de l'influence anglaise dans l'Afrique méridionale est un constant danger pour elle; d'autre part, une grande partie de la population étant d'origine anglaise, on ne pourra pas à la longue lui refuser les droits politiques qu'elle réclame. L'élément néerlandais importé par le chemin de fer, se servant de la langue du pays, étant de même origine que celui-ci, ne saurait que fortifier le parti patriotique. C'est par cette considération encore, qu'on peut regarder le chemin de fer récemment ouvert comme un facteur de haute importance dans la vie de ce pays.

J. DE KONING.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

A. CARCENAT

PAR

M. H. FOREST

Le 25 janvier dernier, de nombreux collègues et amis conduisaient à sa dernière demeure A. Carcenat, Ingénieur des Arts et Manufactures, Ingénieur du Service des eaux de la Compagnie du chemin de fer du Nord, décédé le 23 janvier 1895.

Depuis 1862, Carcenat était membre de notre Société, dont tous les membres se rappellent la communication qu'il a faite en 1890 en collaboration avec notre sympathique collègue M. Derennes, et résumant l'ensemble de leurs travaux sur l'épuration préalable des eaux destinées à l'alimentation des locomotives.

Cette note, si justement appréciée, a été reproduite, *in extenso*, dans le *Bulletin* d'octobre de la même année.

Tout récemment encore Carcenat donnait quelques aperçus intéressants sur l'alimentation des générateurs par refoulement d'eau par la vapeur. Cette communication figure au *Bulletin* de juin 1894.

Les qualités de cœur de Carcenat et sa carrière d'Ingénieur ont été très justement rappelées en quelques paroles émues, prononcées sur sa tombe par M. Aguellet, Ingénieur en chef au chemin de fer du Nord, et que nous reproduisons ci-après :

MESDAMES, MESSIEURS,

Au nom du Service des travaux de la Compagnie du Nord, je viens rendre hommage à la mémoire de M. Carcenat, Ingénieur du Service des eaux, si rapidement enlevé à notre affection et à l'attachement de tout son personnel.

M. Antoine Carcenat est né en 1835 à Billom (Puy-de-Dôme). Après de solides études au lycée de Clermont-Ferrand, il fut admis à l'École Centrale et en sortit, en 1858, avec le diplôme d'Ingénieur.

Sur la recommandation de ses professeurs, il entra aussitôt à

la Compagnie du Nord et fut attaché, comme dessinateur, au service des études; en cette qualité, il concourut à la préparation des projets de divers ouvrages d'art et notamment du pont de Pontoise.

Son application au travail et son mérite ne tardèrent pas à attirer particulièrement l'attention sur lui.

Dès 1861, il entra au Service des eaux, où il exerça successivement, avec le plus grand zèle, les fonctions de sous-inspecteur et celles d'inspecteur.

En 1892, M. Carcenat devint Ingénieur de ce service qui comprend la surveillance de près de 200 alimentations d'eau pour machines.

Il prit une part considérable aux études laborieuses et aux travaux parfois difficiles que nécessitaient les installations hydrauliques sur l'ensemble du réseau. Il eut à appliquer les procédés d'élimination des sels incrustants que contiennent la plupart des eaux de la région du Nord, et qui sont fort préjudiciables au fonctionnement et à l'entretien des chaudières de locomotives.

Parmi les installations importantes d'alimentation d'eau et d'épuration, auxquelles il collabora activement, il convient de citer celles de Somain, Lens, Cambrai, Douai, Hazebrouck, Calais, Arras et Laon, dont les résultats techniques et économiques ont été très appréciés.

Avec le concours du laboratoire de chimie et de bactériologie, il s'est livré à de nombreuses recherches d'eau potable pour l'alimentation du personnel.

M. Carcenat fut un Ingénieur instruit, consciencieux, d'un jugement ferme et sûr; son dévouement à ses fonctions était absolu; il y a huit jours à peine, il continuait encore, malgré ses souffrances, à prendre connaissance des rapports de service et à traiter les affaires, donnant ainsi avec courage, jusqu'aux derniers moments, l'exemple de l'accomplissement du devoir.

Sous des apparences un peu brusques, il cachait un cœur excellent; que de fois, il a donné des conseils et discrètement rendu service à des agents qui traversaient des épreuves pénibles! Sa perte est profondément ressentie et son souvenir sera fidèlement gardé.

Puissent les témoignages unanimes de sympathie qu'inspire la fin d'une vie si digne et si bien remplie, apporter quelque soulagement à la douleur de sa famille!

Adieu, Carcenat, adieu!

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. SIDNEY DUNNETT

Nous avons à déplorer la perte d'un de nos éminents collègues, M. S. Dunnett, architecte, chef du Service des bâtiments de la Compagnie du chemin de fer du Nord, décédé à Grasse, après une courte maladie, le 4 février dernier et inhumé à Enghien, le 9 du même mois.

M. Dunnett, que la mort vient d'enlever à l'âge de cinquante-sept ans à l'estime de ses collègues et à l'affection de ses nombreux amis, était membre de notre Société depuis 1891.

Il laisse, comme architecte, une réputation hautement méritée. Entré fort jeune au service de la Compagnie du chemin de fer du Nord, dont il était un des plus anciens agents, il dirigea l'exécution de nombreux travaux, tels que les gares de Douai et de Roubaix, la nouvelle gare maritime de Calais et la nouvelle gare de Lille. Il avait aussi dirigé les modifications importantes apportées depuis quelques années aux dispositions de la gare de Paris, et qui furent exécutées sans que la circulation des voyageurs fut entravée ou le service des trains retardé.

M. Dunnett avait, dans ces dernières années, fait édifier à Sens, au Bourget et à Caudekerque des groupes importants d'habitations et de logements salubres pour les employés secondaires et les ouvriers des divers services de la Compagnie.

L'ensemble de sa carrière a été justement apprécié, dans un discours prononcé sur sa tombe, au milieu d'un profond recueillement, par M. Vainet, Ingénieur en chef des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord et que nous reproduisons ci-après :

MESDAMES, MESSIEURS,

C'est à peine si l'année 1895 commence et déjà, dans le personnel supérieur des travaux de la Compagnie du Nord, nos rangs s'éclaircissent : il y a quinze jours, c'était M. Carcenat, Ingénieur du Service des eaux, dont nous acheminions la dépouille mortelle vers le champ du repos. Aujourd'hui, nous voici réunis

autour de la tombe de M. Dunnett, architecte de la Compagnie, et ici la séparation est d'autant plus douloureuse que nous y étions moins préparés. Seul, là-bas, avec sa courageuse compagne, il s'est vu mourir sur un lit d'hôtel, tristement, sans avoir la consolation de recevoir les baisers de ses enfants et les serrements de mains de ceux qui l'aimaient.

Aussi, j'éprouve un véritable soulagement en même temps que je remplis un pieux devoir, à venir, au nom de la Compagnie du Nord, dire un dernier adieu au collaborateur et à l'ami que nous pleurons.

Né à Calais, le 24 novembre 1837, de parents anglais dont la situation était des plus modestes, Dunnett fait, dans cette ville, quelques études élémentaires de dessin, puis, à Arras, un stage de plusieurs mois dans les bureaux de l'architecte du département : c'est avec ce modeste bagage de connaissances, et avec son intelligence pour toute richesse, que, le 1er avril 1855, à l'âge de dix-sept ans, il débute à la Compagnie du Nord en qualité de dessinateur auxiliaire, au traitement de 1 200 *f.* Le jour il travaille au bureau; les soirées il les consacre à suivre les cours du Conservatoire des arts et métiers et des écoles spéciales de la Ville de Paris.

Il est vite remarqué : mais encore faut-il que les vacances se produisent pour lui faire place; aussi franchit-il lentement les degrés hiérarchiques :

Nommé conducteur architecte en 1862, chef de bureau en 1878, c'est en 1883, à la mort de son chef, que le Comité l'appelle en toute confiance à la direction du Service des bâtiments, l'un des plus lourds de la division des travaux.

Dès qu'il a les coudées franches, Dunnett ne tarde pas à se révéler avec le goût de l'artiste et la science de l'Ingénieur, réunissant ainsi deux qualités qui se trouvent rarement associées même de nos jours.

Sachant tenir un juste milieu entre la pauvreté des formes et la profusion des artifices de décoration, il comprend que, si les bâtiments des gares sont, avant tout, des constructions industrielles destinées à assurer largement les besoins et la satisfaction du public, ils constituent en même temps des édifices qui, placés au centre des villes, doivent présenter à l'œil une beauté d'aspect : et cette beauté, il la demande non à des détails d'ornementation, mais au mérite des dispositions et à l'harmonie des proportions.

C'est en s'inspirant de ces principes qu'il s'attache constam-

ment, dans l'étude des projets, à établir des distributions judicieuses, à les traduire sous une forme de bon goût, à mettre en évidence les procédés rationnels de construction, à calculer les divers éléments de stabilité et à préciser par des dessins rigoureux tous les détails d'exécution.

De plus, il connaît le prix de l'argent et se montre habile administrateur des deniers de la Compagnie en proportionnant toujours la dépense à l'utilité du but.

Aussi, ses travaux, dans lesquels il combine, de la façon la plus heureuse, l'emploi du fer, de la pierre et de la brique, constituent-ils des œuvres personnelles remarquables, parmi lesquelles je citerai notamment :

A Douai et à Saint-Quentin, la restauration et la transformation des bâtiments de voyageurs;

A Roubaix et à Huy, la création de gares gracieuses avec élégants campaniles;

A Calais, sa ville natale, les constructions de la gare-ville et surtout le buffet-hôtel de la gare maritime, édifice imposant d'aspect et remarquable par le confortable;

A Lille, la salle des Pas-Perdus et le vaisseau à grande envergure de la halle des voyageurs, dont les fermes, projetées en 1884, c'est-à-dire antérieurement à celles de la Galerie des Machines, mesurent 65 *m* d'ouverture.

La conception de ces grands projets ne détourne pas d'ailleurs son attention des problèmes, plus modestes en apparence, mais également délicats et tout aussi intéressants, puisqu'ils touchent à la santé de notre personnel : il crée des types de maisons ouvrières, où pénètrent l'air et la lumière; et dans le dortoir de 120 lits de la Plaine-Saint-Denis, il réalise les perfectionnements les plus modernes de l'hygiène, de la propreté et de la salubrité.

En toutes circonstances, Dunnett fait preuve d'un haut mérite et sous cette grande valeur il cache une grande modestie : « Je me suis toujours appliqué, m'écrivait-il le 20 décembre 1893, à faire modestement mon devoir sans autre prétention que de bien servir la Compagnie et de bien mériter de mes chefs ». Aussi était-il tenu en haute estime par le Comité et par nous tous; il était aimé de ses collègues en raison de son affabilité et enfin il était profondément dévoué à ses collaborateurs dont il soutenait toujours la cause avec une juste fermeté.

Tel est l'homme : ces succès lui ouvrent les portes de la Société centrale des Architectes français et de la Société des Ingé-

nieurs Civils ; ses conseils, toujours empreints de bon goût, d'expérience et de jugement, sont très recherchés ; il éprouve un légitime orgueil en voyant ses œuvres données comme modèles aux grandes écoles nationales ; puis, comme juste récompense de ses services, il reçoit une série de distinctions :

En 1887, la rosette d'officier de l'Instruction publique ;

En 1889, une médaille d'or à l'Exposition, et tout récemment, en juillet 1894, la croix de la Légion d'honneur.

Tout paraît lui sourire : situation, honneurs, et à ces satisfactions du fonctionnaire s'ajoutent les joies intérieures du foyer : en 1889, par la naturalisation, il se donne la patrie de son choix ; deux ans après, il resserre encore plus étroitement les liens qui l'attachent à son pays d'adoption en unissant sa fille, son unique enfant, à un jeune officier de l'armée française ; il va enfin, après quarante ans de service, jouir du fruit péniblement acquis de son intelligence et de son travail, et c'est à ce moment même que, par une cruelle ironie du sort, la maladie frappe ses premiers coups : avec sa robuste charpente il essaye de lutter ; il va dans le Midi pour recouvrer la santé et voici tel qu'il nous revient, corps inerte et glacé dans un cercueil.

Toutes les espérances s'évanouissent, il n'y a plus rien à attendre de l'homme si bien préparé pour produire encore pendant de longues années, mais il ne meurt pas pour nous, ses travaux lui survivent.

Votre vie, Dunnett, est un exemple de ce que peut l'intelligence, même sans grande culture première, si elle est secondée par une grande énergie de volonté et de travail. Parti de rien, vous êtes arrivé à une belle situation et aujourd'hui, votre disparition est une perte et un deuil pour la Compagnie entière ; nous espérons que cet hommage public, rendu à votre mémoire, pourra adoucir la douleur de votre veuve qui vient de traverser de si pénibles épreuves et les regrets de vos enfants qui n'ont pas eu la consolation de recueillir le dernier soupir de leur père.

Quant à nous, votre souvenir restera gravé dans nos cœurs.

Adieu, Dunnett ! adieu, mon ami !

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

A. HENRIOT

PAR

M. E. LABOUR

La Société des Ingénieurs Civils de France a perdu récemment, parmi ses jeunes membres, l'un de ceux dont les antécédents et les débuts donnaient les plus brillantes espérances.

M. Albert-Jacques Henriot, était né à Terrasson (Dordogne), en 1863. Entré en très bon rang en 1879, à l'École des Arts-et-Métiers d'Angers, il en était sorti dans d'excellentes conditions et avait débuté comme dessinateur à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée (Service de la Voie) à Paris. Il n'y fit qu'un court séjour d'une année pendant lequel il mit à profit ses loisirs pour compléter son instruction scientifique.

En juillet 1883, il fut appelé à faire entre Alger et Djelfa et dans le massif de l'Atlas, d'intéressantes études de chemin de fer. C'est là que le jeune Ingénieur devait trouver sa carrière; d'abord simple teneur de carnet, puis chef de brigade il rendit dans cette campagne de véritables services.

En 1885, la Compagnie des tramways de Loir-et-Cher l'appelait à faire les études des lignes rayonnant autour de Blois. Il s'acquitta de cette tâche à son honneur et fut ensuite employé par divers entrepreneurs à d'importants travaux dans la Loire-Inférieure, le Morbihan et le Finistère, pour la construction de chemins de fer à voie étroite, spécialité à laquelle il s'était définitivement attaché.

En 1889, M. Albert Henriot partait pour le Chili en vue de faire les périlleuses études de la voie ferrée que l'on se proposait de construire en traversant les Andes, de Talcahuano à Buenos-Ayres. M. Henriot fit au tachéomètre le relevé de tout le tracé projeté sur le territoire du Chili et dans la Cordillère. Aidé des conseils de son père et de M. Barbey, le jeune Ingénieur fit dans ce difficile travail preuve de capacités techniques toutes particulières, d'un rare sang-froid et d'une énergie peu commune.

Rentré en France en 1890, Ingénieur à la Compagnie des chemins de fer de la Drôme, il reprit ses travaux sur les lignes à voie étroite, fit les études de tout le réseau des environs de Valence et celles, si difficiles, du tronçon qui doit desservir le massif montagneux du Vercors. Ce dernier travail le classait définitivement parmi nos meilleurs opérateurs sur le terrain et nos plus distingués ingénieurs d'études.

La Compagnie des tramways de Loir-et-Cher venait de le reprendre pour diriger les travaux en cours entre Saint-Aignan et Blois, lorsque la mort l'a frappé, l'enlevant en quelques heures, sur la brèche, emporté par une maladie cérébrale suite de l'excès de travail auquel il s'était livré pour mener à bonne et prompte fin la mission qui lui était confiée.

M. Albert Henriot, qui était membre de notre Société depuis 1891, comptait parmi nos collègues de nombreuses sympathies et sa perte a été vivement ressentie par tous ceux qui avaient connu et apprécié son cœur loyal servi par une intelligence d'élite.

CHRONIQUE

N° 182

Sommaire. — Machine à vapeur à forte surchauffe, système Schmidt. — Rupture des ponts métalliques. — Le port de Londres. — Consommation d'eau de quelques grandes villes. — Combustion spontanée du charbon.

Machine à vapeur à forte surchauffe, système Schmidt. — On a obtenu récemment en Allemagne des résultats remarquables avec des machines à vapeur à forte surchauffe établies sur des dispositions étudiées par M. Wilhelm Schmidt, ingénieur civil à Wilhelmshöhe. Il a déjà été construit un certain nombre d'appareils de ce système tous caractérisés par l'emploi d'une surchauffe très élevée et présentant en outre des dispositions mécaniques destinées à empêcher l'effet de la haute température d'agir d'une manière fâcheuse sur certaines pièces de la machine.

Nous décrirons le modèle le plus récent qui a fait l'objet d'une étude expérimentale de M. Schröter, le professeur bien connu de l'École technique supérieure de Münich, étude publiée dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure* et que l'auteur a bien voulu nous adresser.

La machine dont il s'agit a été construite par la Société de construction, précédemment Beck et Henkel, à Cassel; elle appartient au type compound vertical à condensation avec des dispositions particulières et est alimentée de vapeur par un générateur que nous allons décrire d'abord.

Ce générateur est une chaudière verticale à foyer intérieur traversé par deux gros tubes en croix du genre des petites chaudières de locomobiles verticales; au-dessus de ce générateur est un surchauffeur formé de tubes en serpentins disposés autour d'une cheminée fermée ou non par un clapet, de sorte qu'on peut à volonté faire passer les gaz chauds dans la cheminée centrale ou dans l'espace annulaire qui contient les serpentins.

Ces serpentins sont au nombre de trois; le plus bas, c'est-à-dire celui qui reçoit l'action des gaz les plus chauds est le surchauffeur proprement dit, les tubes qui le composent ont 60 *mm* de diamètre; au-dessus est un secheur dont le diamètre de tubes n'est que de 31,5 *mm*, enfin au-dessus est un réchauffeur d'eau d'alimentation.

Le corps vertical de la chaudière a 1,500 *m* de diamètre et 2,94 *m* de hauteur. Avec le surchauffeur, la hauteur totale atteint 5,30 *m*. Voici les principaux éléments.

Surface de chauffe totale.	9 » m^2
— — masquée par la maçonnerie. .	2 »
— — effective.	7 »
— du sécheur.	6 »
— du surchauffeur	32,5
— du réchauffeur d'eau.	12 »
— de grille	0,7
Pression effective	12 » *kg*

On remarquera l'énorme proportion de la surface du sécheur et du surchauffeur qui est de plus de cinq fois la surface de chauffe proprement dite, cette dernière est d'ailleurs très faible par rapport à la surface de grille, ce qui explique que les gaz puissent arriver au surchauffeur à une température fort élevée, comme on le verra plus loin.

La machine est du système tandem vertical, d'une disposition particulière qui lui permet d'agir avec triple expansion de la vapeur. Le petit cylindre est placé sur le plateau supérieur du grand, sans séparation entre les deux capacités. Le grand piston est surmonté d'un fourreau dont le dessus forme le petit piston; ce fourreau est creux et ouvert par le bas. La tige attachée au petit piston, c'est-à-dire au haut du fourreau, sort par un presse-étoupe porté par le plateau inférieur du grand cylindre et s'articule comme d'habitude à une bielle qui commande le coude de l'arbre du volant.

Autour du petit cylindre se trouve un réservoir dont fait partie la boite à tiroir du grand. Il existe donc trois capacités, l'un formée du petit cylindre, une seconde de l'espace intermédiaire entre les deux pistons, la troisième du volume du grand cylindre et du réservoir. Il y a trois distributeurs; l'un automatique qui sert à l'admission de la vapeur au petit cylindre, un second qui est un tiroir à piston sert à l'évacuation de cette vapeur du réservoir intermédiaire après son action sur le petit piston, et un troisième qui est un tiroir plan avec un canal qui sert à faire passer la vapeur déjà détendue du réservoir intermédiaire (comprenant le bas du grand cylindre) dans la partie supérieure de ce cylindre et à l'évacuer après au condenseur. Le second et le troisième distributeurs sont reliés ensemble et actionnés par un excentrique calé sur l'arbre.

Voici comment l'action se produit. La vapeur provenant du générateur arrive à pleine pression sur le petit piston et agit du haut en bas avec une admission plus ou moins longue réglée par le régulateur; quand le petit piston est en bas de sa course, le tiroir cylindrique s'ouvre et laisse échapper la vapeur au réservoir intermédiaire comprenant le dessous du grand piston, ce qui fait remonter celui-ci par suite de la différence des sections. Lorsque les pistons sont remontés à la fin de course supérieure, la vapeur du réservoir intermédiaire est introduite sur l'espace annulaire contenu entre les parois du grand cylindre et celles du fourreau qui forme le petit piston, et son effet s'ajoute à celui de la vapeur fraîche sur ce

petit piston pour faire descendre le système. Celui-ci arrivé en bas, l'espace annulaire dont il vient d'être question est mis en communication avec le condenseur.

Voici les éléments de la machine.

	Cylindre I.	Cylindre II.	Réservoir.
	—	—	—
Diamètre du piston . . . . . *cm.*	31,1	69,0	—
Surface du piston . . . . . *cm²*.	759,6	2.979,7	—
Course du piston	0,50	0,50	—
Volume du cylindre. . . . . *dm³*.	37,98	148,98	—
Espace neutre . . . . . 0/0.	7,0	3,56	—
Volume minimum constant au point mort inférieur.	—	—	307,7
Volume décrit par le grand piston, déduction faite du volume de la tige .	—	—	185,55
Volume maximun au point mort supérieur	—	—	493,25
Rapport des volumes successifs . . .	1	3,92	4,88
Constante $\frac{Fs}{60 \times 75}$	0,0844	0,3311	0,4124

Avant de passer à l'examen des résultats obtenus, il est bon de parler d'une disposition originale de cet appareil qui consiste dans le distributeur de la vapeur à haute pression et à température élevée. Comme on a craint l'action de cette dernière sur un tiroir qu'on ne pourrait lubrifier, on a substitué à cet organe un clapet dont l'action a lieu d'une manière automatique. Ce clapet est maintenu soulevé par un ressort, de sorte que, à la fin de la course du petit piston, la vapeur comprimée équilibrant la pression de la vapeur de la chaudière, le clapet se soulève par l'action du ressort et laisse pénétrer la vapeur dans le cylindre tant que la différence de pression n'est pas suffisante pour vaincre l'effet du ressort. Cet effet est réglé par le régulateur par une disposition très ingénieuse qui ne pourrait être rendue intelligible sans le secours de dessins; il nous suffira de dire que c'est un ressort à air dont une pièce en rapport avec le régulateur fait varier la tension.

Les expériences ont été faites les 28 et 30 juillet 1894. On avait des indicateurs sur les trois capacités dont il a été question, un frein de Prony sur l'arbre, et on jaugeait l'eau d'alimentation et on pesait le combustible, en même temps qu'on relevait les températures de la vapeur et des gaz de la combustion.

Voici les résultats de l'essai au frein :

Dates.	Durée de l'essai.	Nombre de tours moyens.	Charge de frein.	Travail en chevaux.
—	—	—	—	—
Juillet 28 . . .	6 h. 6 m.	116,3	111,5	62,6
— 30 . . .	7 h. 44 m.	117,3	111,5	63,1

Voici, d'autre part, les résultats des relevés de diagrammes d'indicateur :

	28 JUILLET			30 JUILLET		
	CYL. I	CYL. II	Réservoir	CYL. I	CYL. II	Réservoir
Hauteur moyenne du diagramme. . .	18,54	14,42	0,805	18,71	15,41	1,185
Échelle moyenne en kilogrammes. . .	3,89	24,6	12,9	3,89	24,6	12,9
Pression moyenne effective.	4,77	0,586	0,0624	4,81	0,626	0,0918
Nombre de tours moyen		116,3			117,3	
Travail en chevaux indiqués	46,82	22,56	2,99	46,62	24,31	4,44
Travail total.		72,37			76,37	
— au frein.		62,6			63,1	
— absorbé en frottements. . . .		9,777			13,27	
Rendement organique		0,865			0,826	

Le rapprochement de la puissance obtenue de la dépense d'eau d'alimentation relevée pendant les expériences, donne les résultats suivants :

	28 juillet.	30 juillet.
Dépense totale d'eau d'alimentation. . .	2 150 *kg*	2 688 *kg*
Durée de l'essai.	6,1	7.73
Dépense par heure	352,5	347,6
Température à l'entrée du réchauffeur. .	26,4°	30,0°
— à la sortie — . .	88°	90°
Eau par cheval au frein et par heure. .	5,63	5,51
— indiqué — . .	4,87	4,55
Pression à la chaudière	11.8	11,9
Pression initiale sur le diagramme . . .	11,0	11,2

M. le professeur Schroter fait observer que c'est la première fois probablement qu'on a observé sur une machine à vapeur de cette puissance des chiffres aussi réduits pour la dépense de vapeur et que ces résultats confirment la justesse des vues de l'auteur et témoignent en même temps de l'efficacité des moyens mécaniques qu'il a employés pour réaliser ces vues.

Les relevés qui précèdent portent exclusivement sur l'emploi de la vapeur, nous allons les compléter en donnant ceux qui concernent sa production.

Voici d'abord les constatations relatives aux températures de la vapeur et des gaz.

	Températures de la vapeur.			Températures des gaz.	
Dates.	A la sortie du surchauffeur.	A l'entrée de la machine.	De saturation.	A l'entrée du surchauffeur.	A la cheminée.
28 juillet. .	350°	318°	189,2	655°	181°
30 — . .	357°	344°	190,2	700°	180°

Les températures de la vapeur étaient prises avec des thermomètres à mercure, celles des gaz avec un pyromètre dont les indications avaient été vérifiées. La différence entre les températures à la sortie du surchauffeur et à l'entrée de la machine qui était, dans le premier essai, de 32°, a été réduite, comme on voit, dans le second, à 13°, grâce à quelques améliorations dans la protection de la conduite de vapeur. Cette question a une grande importance avec l'emploi de la vapeur surchauffée.

On peut lui attribuer une notable partie de la réduction de 5.63 à 5.51 *kg* de la dépense de vapeur par cheval effectif et par heure constatée de la première à la seconde expérience, réduction de 3 0/0 environ pour une augmentation de 318 à 344° de la température de la vapeur à l'entrée au cylindre. Toutefois, en constatant que la réduction de la dépense par cheval indiqué a été de 4.87 à 4.35 soit de 6 1/2 0/0, c'est-à-dire bien plus grande, on peut se demander si une partie de l'avantage obtenu par une surchauffe plus considérable de la vapeur à l'entrée du cylindre n'a pas été contre-balancée par une augmentation des frottements et résistances propres de l'appareil, augmentation peut-être due à la température plus élevée de la vapeur et qu'accuse nettement la réduction de 0,865 à 0,826 du rendement organique.

On voit que si le rendement organique était resté dans le second essai à 0,865 comme dans le premier, la dépense de vapeur par cheval au frein aurait été de 5, 26 *kg* seulement au lieu de 5, 51.

Le combustible employé dans les expériences dont nous venons de parler a été analysé et son pouvoir calorifique a été trouvé par le calcul de 6 913 calories pour le premier jour et de 7 103 pour le second. L'essai à l'appareil de Mahler a donné 6 989 et 7 158, chiffres différant très peu des premiers.

Voici les résultats des expériences au point de vue de la consommation de combustible :

	28 juillet.	30 juillet.
Consommation totale de combustible, non compris l'allumage.	272, 75 *kg*	339 » *kg*
Consommation par heure.	44, 71	43, 84
Proportion de cendres et mâchefers, 0/0 .	11, 4	14, 2
Eau d'alimentation par heure.	352, 5	347, 6
Eau à 26 et 30° convertie par kilogramme de combustible en vapeur surchauffée à 318 et 344°	7, 88	7, 93
Vapeur à 100° produite avec de l'eau à 0° par kilogramme de combustible. . . .	8, 65	8, 92
Dépense de combustible par cheval indiqué et par heure.	0, 618	0, 574
Dépense de combustible par cheval effectif et par heure.	0, 714	0, 695

La moyenne des deux essais donne donc une consommation de 0,704 *kg* par cheval effectif et par heure pour une puissance de 63 chevaux d'un combustible donnant 7 000 calories en nombres ronds par kilogramme.

Voici quelques chiffres relatifs à l'utilisation du calorique pour la production et la surchauffe de la vapeur :

Par kilog. de combustible.	28 juillet.	30 juillet.
Chauffage de l'eau d'alimentation	$61,6 \times 7,88 = 485,4$	$60,7 \times 7,93 = 475,8$
Transformation en vapeur .	$(664,4 - 88) \times 7,88 = 4542$	$(664,5 - 90) \times 7,93 = 4555$
Surchauffe	$0,48 \times (318 - 189,9) \times 7,88 = 484,5$	$0,48 \times (344 - 190,2) \times 7,93 = 585,4$
Chaleur totale.	5511,9	5615,2

On peut immédiatement déduire des chiffres qui précèdent que si la chaleur totale avait été employée à convertir en vapeur à 100° de l'eau à 0°, on aurait eu en divisant le calorique dépensé par 637 les valeurs de 8, 65 et 8, 82 représentant les productions de vapeur par kilogramme de combustible indiquées au tableau précédent.

Le tableau ci-dessous donne la répartition du calorique dans la vapeur entrant dans la machine.

Proportion de la chaleur.	28 juillet.	30 juillet.
Transformation de l'eau en vapeur. . . .	65, » *kg*	63, 7 *kg*
Surchauffe de la vapeur	6, 9	8, 2
Rechauffage de l'eau d'alimentation . . .	6, 9	6, 6
Proportion de la chaleur utilisée.	78, 8	78, 5

On voit que l'ensemble du générateur utilise sensiblement les huit dixièmes de la chaleur contenue dans le combustible. Nous allons examiner maintenant quelle influence la surchauffe donnée à la vapeur exerce sur le travail de celle-ci.

(A suivre.)

Rupture des ponts métalliques. — M. Ed. Elskes, Ingénieur des ponts métalliques à la Compagnie des chemins de fer du Jura-Simplon, a publié dans le *Bulletin de la Société Vaudoise des Ingénieurs et architectes*, une très intéressante étude historique et statistique sur la rupture des ponts métalliques.

L'auteur fait d'abord remarquer qu'à la suite d'accidents mémorables, deux courants se sont établis relativement aux explications à donner de ces faits et aux moyens à employer pour en prévenir le retour : d'une part, les savants, pénétrés de l'excellence des formules, anxieux d'arriver à la clarté parfaite, prétendent démontrer que les Ingénieurs se sont trompés ; ceux-ci, d'autre part, appuyés sur leur expérience, mais sans pouvoir avancer des preuves positives, voudraient infirmer les calculs par des faits.

L'auteur croit faire chose utile en exposant une statistique des ruptures de ponts et en l'accompagnant de quelques renseignements historiques.

Il a pu réunir une quarantaine d'exemples de rupture de ponts qu'il a inscrits, avec les éléments nécessaires, dans un grand tableau que nous regrettons de ne pouvoir reproduire et divisés en cinq groupes.

1° *Ponts tombés par suite d'un écroulement des appuis en maçonnerie.* Cette classe en contient huit, soit 20 0/0. Ce fait est des plus intéressants, il indique, en effet, que dans une proportion importante des cas, la construction métallique n'était pas en jeu, elle a été ruinée par une cause qui lui était étrangère.

2° *Ouvrages dont la ruine a été causée par un choc extraordinaire.* On y trouve les exemples d'un pont tournant jeté à l'eau par le choc d'un bateau à vapeur, d'un pont du chemin de fer du Brünig emporté par une avalanche de pierres et des cas assez fréquents de déraillements de trains entraînant l'effondrement des poutres du pont. Ce groupe contient quatre exemples.

3° *Tabliers métalliques tombés pendant les travaux de lançage.* On trouve dix exemples dans cette classe. Certains, tels que celui du pont de Miramont, sur la Garonne, et celui du pont de Douarnenez sont bien connus.

4° *Ponts tombés pendant les essais.* Ce groupe contient une dizaine de ponts qui eux, comme ceux du groupe suivant, sont tombés par rupture proprement dite de l'ossature métallique. Ce sont des cas fort intéressants, car ils ont été, en général, observés par des gens du métier et leur nombre prouve, quoi qu'on en dise, que les épreuves de charge ont du bon, au moins pour les ponts-routes. Il est juste de dire que, sur ces dix exemples, il y en a trois où la rupture a été artificielle, notamment celle du pont de Wolhusen (voir séance du 4 mai 1894 de la Société des Ingénieurs Civils de France).

5° *Ruptures purement accidentelles de la partie métallique.* Le tableau en donne onze exemples, quelques-uns constituent de véritables catastrophes. Un bon tiers de ces accidents provient du flambage des poutres.

La note de M. Elskes entre dans des détails circonstanciés sur les plus intéressants de ces exemples. Nous nous contenterons de reproduire ce qui est relatif aux essais à la rupture faits à Wolhusen en avril 1894, sous les auspices du département fédéral des chemins de fer.

Wolhusen est une station de la ligne Berne-Lucerne, du réseau du Jura-Simplon. L'ancien tablier du pont sur la petite Emme ayant été avarié, il y a quelques années, par la chute de plusieurs billes de bois, dans la courbe de 270 *m* de rayon que décrit la voie sur cet ouvrage, la Compagnie l'a fait remplacer, en 1893, par un pont neuf.

La vieille ossature, ainsi mise au rebut, présentait plus d'une analogie avec celle du pont détruit à Monchenstein; comme elle, elle était tubulaire, biaise et avait des poutres principales à grandes mailles triangulaires du type Neville. L'ouverture était plus grande (48 *m* environ) la largeur aussi, à cause de la courbe du tracé, et les pièces de pont reposaient toutes sur les nœuds inférieurs du treillis; il n'y avait donc pas de tiges verticales de suspension; il y avait, en outre, cette différence capitale que les poutres principales avaient des membrures très raides en forme d'auge et des treillis à double T.

Les avaries qui avaient motivé la construction d'un nouveau pont étaient plutôt locales; c'étaient des déchirures aux entretoises et quelques fentes aux attaches des contreventements inférieurs; la plus grave était une courbure sensible d'une ou deux barres comprimées du treillis,

courbure qui semblait avoir réagi d'une manière fâcheuse sur les barres voisines légèrement ployées, elles aussi.

Le programme proposé par l'autorité fédérale et adopté par les Compagnies de chemins de fer (1) était le suivant :

1° Le pont transporté tout d'une pièce sur un terre-plein voisin et solidement calé sur quatre socles en béton sera nivelé à tous les nœuds des membrures inférieures et supérieures.

Les défauts de rectitude des barres du treillis, les avaries de la construction et l'aplomb des poutres principales seront vérifiés avec soin et feront l'objet d'un procès-verbal (9 avril 1894).

2° Au fur et à mesure de l'arrivée des rails qui, avec le ballast approvisionné, constitueront la surcharge, on chargera le tablier, panneau par panneau, à raison de 5 860 *kg* par mètre courant (surcharge correspondant pour les membrures au train-type prescrit par l'ordonnance fédérale sur les ponts du 19 août 1892) jusqu'à ce que cette surcharge s'étende sur toute la longueur du tablier.

Le nivellement de tous les nœuds, la vérification de la rectitude des barres et de l'aplomb des poutres seront répétés lorsque la surcharge atteindra le milieu, puis l'extrémité du pont (9-15 avril 1894).

3° La moitié du tablier côté Berne sera déchargée pour préparer la deuxième phase des essais.

Les observations indiquées ci-dessus seront répétées après ce déchargement partiel (16-21 avril 1894).

La surcharge de 5 860 *kg* par mètre courant demeurée sur la moitié du pont côté Lucerne sera doublée et les observations répétées.

On augmentera alors cette surcharge doublée, sur cette même moitié du tablier (côté Lucerne) de 1 000 *kg* par mètre courant, jusqu'à ce que la rupture ou des déformations graves s'ensuivent.

Pendant cette dernière période, les observations déjà indiquées seront répétées aussi fréquemment que possible (23-25 avril 1894).

Comme on voit, les essais portaient surtout sur les barres treillis du milieu du pont qu'on cherchait délibérément à faire flamber; on avait choisi pour cela celles qui étaient saines et droites; les barres avariées devaient travailler à l'extension dès le 16 avril et le tablier se trouvait, par conséquent, dans des conditions à peu près normales.

Des calculs très circonstanciés avaient été faits contradictoirement avant les essais, avec tous les raffinements que la science moderne a introduits dans les recherches de ce genre; ces calculs accusaient dans les nœuds extrêmes et la membrure supérieure des tensions secondaires (notamment à cause de l'excentricité des attaches) qui dépassaient de beaucoup la limite d'élasticité et pouvaient même faire prévoir une rupture; ces calculs indiquaient en même temps que certaine barre comprimée ne présenterait aucune garantie de sécurité contre le flambage lorsque la surcharge atteindrait 14 *t* environ par mètre carré; c'est alors, en effet, le 25 avril, à 9 h. 35 du matin que cette barre a flambé, tout à coup, à un moment où aucun regard n'était dirigé sur elle.

(1) La Confédération s'est chargée de deux cinquièmes des frais ; les Compagnies du Jura-Simplon, du Nord-Est Suisse, du Gothard, du Central-Suisse et de l'Union-Suisse, supporteront le reste en proportion de la longueur des réseaux.

Fort heureusement on en avait mesuré la courbure dix minutes auparavant; cette courbure était de 0,12 *m* de flèche sur 6 *m* environ de longueur et n'avait rien d'alarmant, puisque plusieurs autres barres en accusaient autant depuis la veille. On peut donc dire que le flambage s'est produit soudainement : cela est si vrai que, détail bizarre, la suppression subite de l'équilibre a eu un véritable effet dynamique : la partie surchargée du tablier, en s'abaissant, a fait monter celle qui était vide comme par un levier; ce relèvement a atteint 0,26 *m* au droit de la barre flambée.

En ce point, les deux membrures inférieures se sont rompues, presque net, les longerons de la voie aussi et les membrures supérieures, ouvertes, présentent toutes deux une foulure très prononcée.

Toutes ces lésions et le flambage des barres comprimées de la moitié chargée se sont succédé en moins d'une seconde ; le pont ne se trouvait plus guère qu'à 0,30 *m* du sol et a d'ailleurs rencontré presque immédiatement des blocs de bois disposés d'avance qui ont amorti sa chute en l'arrêtant dans la toute première phase de la rupture.

Pour cette raison, l'aspect de la ruine est extrêmement intéressant; elle confirme les craintes toutes particulières qu'il convient d'entretenir à l'endroit des longues barres sujettes à flamber, qu'on ne saurait calculer, raidir, ou renforcer, avec trop de sollicitude ; elle infirme, par contre, les résultats des calculs trop méticuleux et trop défavorables auxquels ne manque jamais de conduire la recherche des tensions secondaires et elle prouve d'une manière bien claire que ce genre de calcul perd toute sa valeur dès que ces tensions dépassent la limite d'élasticité; il doit évidemment se produire alors, auparavant même, des déformations et ces déformations établissent aussitôt un nouvel état d'équilibre, toujours plus favorable, sans porter atteinte à la stabilité de l'ensemble.

Des déformations très sensibles et de légères ouvertures des joints ont en effet été observées un peu partout avant la rupture, mais en particulier aux nœuds extrêmes où les efforts secondaires étaient plus intenses.

L'inflexion du pont, normale pendant la première phase des essais, avait dépassé avant la rupture les valeurs données par le calcul ; elle avait atteint 0,08 *m* environ. Les hautes tensions auxquelles étaient soumises les diverses parties du pont l'avaient rendu sensible aux vibrations les moins fortes, c'est ainsi que le déchargement d'une seule brouette de ballast lui imprimait des oscillations d'un demi-millimètre environ, dans le plan vertical et dans le plan horizontal.

Les barres du treillis avaient toutes été ployées à des degrés divers, les barres comprimées présentent, en général, une convexité assez marquée vers les culées, les barres tendues affectent plutôt légèrement la forme d'un S.

Le rapport officiel que l'autorité fédérale ne manquera pas de publier sur ces essais présentera un haut intérêt à cause du grand nombre des observations qui ont été faites et coordonnées avec le plus grand soin.

Un essai de même genre aura lieu prochainement en Allemagne et il est à désirer qu'on en fasse encore beaucoup, car c'est par la multiplication des expériences qu'on arrivera à des résultats certains.

(A suivre.)

Le port de Londres. — Avec l'énorme développement de la navigation à vapeur et les dimensions de plus en plus grandes qu'on donne aux navires, la question de la profondeur d'eau des ports est devenue d'un intérêt capital.

On peut dire que le grand tirant d'eau que présente l'Escaut devant les quais d'Anvers est une des causes principales de la prospérité de cette ville qui se voit aujourd'hui le port d'attache de plusieurs lignes importantes qui partaient auparavant de Londres, de Liverpool, etc., et ne recevaient le fret d'Anvers que par transbordement. On a fait des travaux considérables pour améliorer la Mersey, la Clyde et la Tyne sous le rapport de la profondeur et on a obtenu de beaux résultats.

Pendant ce temps, le port de Londres est resté en arrière et le peu de profondeur relative de la Tamise commence à préoccuper sérieusement le commerce de la Métropole. Il y a quarante ans les plus grands navires qui remontaient à Londres jaugeaient 600 *tx* et tiraient 9 pieds d'eau (2,75 *m*).

On y voit aujourd'hui des paquebots de la Compagnie Péninsulaire et Orientale de 7 000 *tx*, cubant 26 1/2 pieds (8,08) et, comme il n'y a quelquefois au Gravesend Réach que 23 pieds, il faut attendre des marées favorables et la navigation est fort gênée.

La profondeur a diminué par endroits; il n'y a plus que 25 à 27 pieds à des places où on avait jadis 31 à 35, il n'y a plus que 12 pieds à la place du tunnel aux basses mer de vive eau. Aujourd'hui, les cargo-boats de 4 000 *tx* sont nombreux, ceux de 6 000 à 7 000 *tx* ne sont plus exceptionnels et on s'occupe d'en faire de 10 000 *tx*. Il y a donc urgence à s'occuper de l'amélioration des accès du port de Londres.

Il faut dire que, jusqu'à une époque très récente, le privilège de draguer dans la Tamise appartenait à la corporation de Trinity-House et ce en vertu d'un acte d'Elisabeth! Mais cette corporation ne draguait pas pour approfondir le fleuve, mais seulement pour obtenir du lest destiné aux navires, elle draguait là où c'était le plus commode et où la matière était la plus apte à l'usage précité et respectait soigneusement les bancs de vase et de roc. Le dragage se faisait à bras par des forçats, puis par des machines mues par des chevaux. C'est au commencement du siècle que les dragues à vapeur furent introduites par Trevithick d'abord, puis par Rennie.

Depuis que l'administration du Thames Conservancy a été instituée. elle a modifié cet état de choses, ainsi depuis 1878 elle a fait extraire près de 2 millions de mètres cubes de déblais. Mais ces travaux sont insuffisants.

Le nouveau projet consiste à créer entre le port de Londres et le tunnel une passe de 200 pieds de largeur avec 18 pieds de tirant d'eau aux plus basses mers; du tunnel à l'entrée d'Albert Dock, une passe de 350 pieds avec la même profondeur, de cette entrée à Crayford Ness 500 pieds de largeur sur 22 de profondeur, enfin de là à Yantlet en face de Southend 600 pieds sur 24 de tirant d'eau. Ce n'est d'ailleurs qu'un premier travail destiné à parer aux besoins les plus pressants.

Consommation d'eau de quelques grandes villes. — Chicago peut probablement revendiquer l'honneur d'être la ville du monde qui consomme le plus d'eau. En effet, en 1894, les huit stations de machines élévatoires ont donné une moyenne par jour de 920 000 m^3, ce qui fait par an 335 millions de mètres cubes. Ce total dépasse la consommation de Londres qui n'a été pour 1892 que de 832 000 m^3.

En admettant pour 1894 un accroissement égal à celui qu'on a observé en 1892 par rapport à 1890, on peut supposer que la consommation de Londres pour 1894 a du être comprise entre 880 000 et 900 000 m^3 par jour, chiffres encore inférieurs aux 920 000 de Chicago.

Après ces deux villes vient Philadelphie avec 760 000 m^3 par jour en 1894, volume qui, comme pour elles, est entièrement élevé par des machines. Ensuite arrive New-York avec une alimentation par aqueducs de 706 000 m^3 par jour en 1894; une partie de ce volume est relevée par machines pour le service haut.

La consommation par habitant pour les quatre villes précitées varie de 154 litres à Londres à 616 à Philadelphie. En général, il n'est pas facile de donner des chiffres rigoureusement exacts pour les villes américaines à cause de la rapide augmentation de la population entre deux recensements. Néanmoins, si on admet le chiffre de 1 925 000 habitants pour la population de New-York, on trouvera une consommation journalière de 365 litres par habitant. Chicago, avec ses 1 600 000 habitants donne à chacun 575 litres. Cette proportion élevée est d'ailleurs dépassée dans beaucoup de villes américaines moins importantes. Du reste, au delà de la quantité largement suffisante aux besoins domestiques et même de luxe de la population et des usages municipaux, l'excédent ne correspond qu'à un gaspillage sans utilité. Quand l'eau vient naturellement, il n'y a pas grand mal, mais l'élever en brûlant du charbon pour la laisser retourner à la rivière sans l'avoir utilisée sérieusement n'est pas une pratique à louer. Il est toutefois possible, comme l'insinuent les journaux américains auxquels nous empruntons les renseignements qui précèdent, que ces chiffres si élevés par tête d'habitant proviennent en réalité en grande partie de pertes énormes par les conduites et les appareils et ne constituent, dès lors, que des trompe-l'œil.

Combustion spontanée du charbon. — On préconise généralement la ventilation des cales et des soutes pour prévenir la combustion spontanée du charbon à bord des navires.

D'après le *Coal Trade Journal*, le professeur Clowes, de Nottingham, combat cette pratique comme pouvant, au contraire, être une source de danger. On a constaté, en effet, que quatre navires ayant été chargés en même temps, au même port, de charbon de la même provenance, trois étant ventilés et le quatrième ne l'étant pas, les trois premiers ont brûlé en mer par combustion spontanée de leur chargement, tandis que le dernier a atteint sans encombre Bombay son port de destination. Ce fait s'explique facilement si on considère que le peu d'air contenu dans des cales ou soutes bien closes est insuffisant pour amener une élévation un peu considérable de la température, tandis que le renouvellement continu de cet air pourra amener un échauffement dangereux.

Le charbon qui s'est échauffé à l'air et qui s'est refroidi ensuite n'est plus sujet à s'échauffer. On peut donc considérer comme une précaution utile de laisser le charbon à l'air quelque temps avant de l'embarquer.

On peut, des faits observés, tirer les conclusions suivantes : 1° le danger de combustion spontanée est très faible avec le charbon en roches, il est plus grand avec les menus et très grand avec le charbon contenant des poussiers. Cela s'explique par l'augmentation de plus en plus considérable de la surface en contact avec l'air par rapport au poids du combustible; 2° le charbon exposé à l'air qui contient plus de 3 0/0 d'humidité devient dangereux, le danger diminue avec la proportion d'eau. La proportion d'eau est un indice de la capacité d'absorption par l'air et, plus cette absorption est facile, plus le charbon est dangereux; 3° le danger est généralement augmenté par la présence de pyrites qui n'agissent pas directement pour échauffer le charbon, mais qui, par l'action de l'humidité, se gonflent, font déliter le charbon et accroissent ainsi la surface en contact avec l'air; 4° le charbon fraîchement extrait ne doit pas être exposé au contact de l'air, ce qui amènerait un échauffement rapide et, par la même raison, il est préférable de ne pas le mettre en très gros tas dans l'intérieur desquels la chaleur se conserve. Le renouvellement de l'air facilite grandement la combustion spontanée; 5° les sources extérieures de chaleur, telles que les chaudières, conduites de vapeur, cheminées, etc., ajoutent également au risque de combustion spontanée en amenant une élévation de la température qui favorise la production de la combustion.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Novembre 1894

Rapport de M. Edouard Simon sur un **nouveau système d'appareil destiné à prévenir, éviter ou atténuer tout au moins les accidents dans les usines à force motrice** dit : *Arrêt protecteur ou appareil de sauvegarde ouvrière,* par M. Ch. Cambon, à Sumène (Gard).

Il est souvent nécessaire, en cas d'accident, de pouvoir arrêter rapidement un moteur d'usine et les appareils avertisseurs ou signaux ne suffisent pas parce que le mécanicien peut n'être pas toujours à proximité de la machine motrice. L'Association des Industriels de France contre les accidents du travail a indiqué plusieurs moyens pour agir directement et de loin sur les moteurs, afin d'en assurer l'arrêt aussi prompt que possible.

M. Ch. Cambon a imaginé un appareil qui a déjà reçu plusieurs applications. Il a pour objet : 1° de produire, de divers points d'une usine, l'arrêt des moteurs, par la fermeture automatique des distributions d'eau, de vapeur, de gaz, d'air comprimé, etc. ; 2° d'immobiliser les organes de la transmission, soit par l'application d'un frein sur la jante du volant, soit par le brusque passage de la courroie d'une poulie fixe sur sa contre-poulie folle, soit par la disjonction de manchons d'embrayage.

A cet effet, les parties qui doivent opérer ces effets sont généralement mises en mouvement par la chute d'un poids lors du déclenchement d'une pièce qui le retient dans l'état normal ; ce déclenchement est produit par une communication électrique ou pneumatique aboutissant à divers points de l'usine ou de l'atelier. Cet appareil est très simple ; l'expérimentation qui en est faite depuis quelque temps déjà paraît indiquer qu'il satisfait aux nécessités de la pratique.

La mécanique générale américaine à l'Exposition de Chicago, par M. G. Richard. — **Les pompes à vapeur.**

Les pompes à vapeur à volant ont reçu aux États-Unis des applications importantes, bien que les pompes à action directe y aient pris plus de développement. L'auteur cite plusieurs exemples des premières entre autres des pompes Allis dont nous avons parlé dans la chronique d'octobre 1894, page 565.

Ces machines sont toujours maintenant, de même que les suivantes, du type vertical qui est préféré en Amérique comme plus durable, plus économique et plus sûr que le type horizontal ; les frottements y sont beaucoup moindres et le graissage moins abondant.

Les pompes à action directe, les plus employées, avons-nous dit, ap-

partiennent au type Worthington, vertical ou horizontal, avec ou sans compensateur à simple, double ou triple expansion, qui se construisent dans toutes les dimensions, aux types Miller, Blake, Nisbet, Drewett et Davidson, etc.

L'auteur décrit ensuite les pompes à incendie parmi lesquelles on rencontre divers systèmes de pompes rotatives.

Une autre partie est consacrée aux appareils de levage, tels qu'ascenseurs électriques et hydrauliques, treuils, monte-charges, ponts roulants, derricks, palans et moufles. On y trouve aussi décrits les transporteurs à câbles aériens qui sont employés en Amérique beaucoup plus fréquemment qu'en Europe pour le raccordement aux chemins de fer des mines, carrières, etc. Ces transporteurs appartiennent à divers systèmes. On peut leur assimiler un curieux appareil, dit *Cash Carrier* ou transporteur de monnaie employé dans presque tous les grands magasins pour effectuer le transport des paquets et le change de la monnaie du caissier à l'acheteur. L'auteur décrit deux types de ces machines qui sont remarquables par leur grande simplicité. Nous ajouterons que, comme pour les parties précédentes, la note dont nous nous occupons est illustrée par une très grande quantité de dessins représentant les ensembles et les détails des appareils décrits.

Décembre 1894

Rapport de **M. A. Tresca** sur le **levier automatique** de **M. G. Guichard**, carrossier à Saint-Vincent-de-Connezac (Dordogne).

Il s'agit d'un levier pour le levage des voitures qui présente certains avantages par rapport au levier employé ordinairement. Il est disposé de manière à avoir une action continue, la pièce qui s'élève pouvant être retenue par des cliquets qui s'engagent dans les dents d'une sorte de crémaillère portée par la partie fixe. Cet appareil est d'ailleurs d'une grande simplicité.

Rapport de M. Ed. Sauvage sur l'**étude des engrenages de tours à fileter**, par M. Bablon.

L'objet de cette étude est de déterminer d'une manière rationnelle les harnais d'engrenages de tours à fileter, de manière à réaliser une grande précision dans les filetages et l'auteur y donne un moyen d'utiliser commodément ces engrenages.

La mécanique générale américaine à l'Exposition de Chicago, par M. G. Richard. — **Les mécanismes**.

Cette partie des rapports de M. Richard a pour objet l'étude des principaux mécanismes employés dans la mécanique, tels que les organes de transmissions, les supports, etc.

Nous citerons, entre autres, les paliers et les divers modes de lubrification, les paliers à graphite. les paliers à billes ou galets très répandus aux États-Unis, avec la fabrication des billes. Disons en passant que des dessins indiquent parmi les innombrables applications des billes, des

têtes de bielle et des paliers pour tourillons de cylindres oscillants, établis dans ce système ; comme le texte est muet à ce sujet, nous pensons qu'il s'agit plutôt d'une proposition que d'une chose réalisée.

Viennent ensuite les embrayages de tous systèmes : à friction, à griffes, électriques, hydrauliques, etc., les paliers, les courroies et chaînes, les engrenages, les vis sans fin, le tout abondamment illustré, comme pour les parties précédentes.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Décembre 1894.

Notice sur le **touage électrique au canal de Bourgogne**, par M. Gaillot, Ingénieur des ponts et chaussées.

La force motrice est empruntée à des turbines établies à Pouilly sur le côté de la première écluse du versant Yonne du canal de Bourgogne et à Escommes, au voisinage de la première écluse du versant Saône ; ces turbines font 100 tours par minute et actionnent un arbre horizontal qui commande les dynamos. Le courant est envoyé dans une ligne à trois fils de 8 *mm* de diamètre en bronze télégraphique supportés par des poteaux et des fils transversaux. La prise de courant s'opère par des trolleys placés en haut d'une très longue perche portée par le toueur ; cette grande longueur, 7,54 *m*, à cause des oscillations du bateau. La réceptrice placée sur celui-ci est une dynamo Gramme reliée par une courroie avec les engrenages du toueur. Une poulie à empreinte, du système Bouquié, agit sur la chaîne.

Le toueur a 15 *m* de longueur sur 3,20 *m* de largeur, le tirant d'eau est réduit à 0,45 *m* ; on a conservé la chaîne du touage à vapeur qui pèse 7 *kg* par mètre courant.

On a installé à Pouilly une batterie de 250 accumulateurs d'un régime normal de 10 ampères pour la charge et de 15 à la décharge ; ces accumulateurs sont placés en dérivation sur la ligne électrique et fonctionnent simultanément avec les génératrices ; ils agissent comme un volant. Ils pourraient d'ailleurs emmagasiner la force des chutes pendant que le toueur est en repos et la rendre ensuite pendant la marche. Leur emploi ne paraît d'ailleurs pas très bien justifié et cela d'autant plus qu'ils ont coûté fort cher.

L'installation entière du touage a coûté 135 000 *f*, mais on pourrait réduire le prix à 120 000 *f* sans les accumulateurs. Du 1er septembre 1893 au 1er avril suivant, on a transporté 81 000 *t* en 897 heures, au prix de 5 900 *f* ; pendant la période analogue de l'année précédente, on avait transporté 78 600 *t* en 917 heures, au prix de 8 000 *f*. On en conclut que 1 000 *t* ont demandé, avec la vapeur, 11,65 heures et 102 *f* et, avec l'électricité, 11,01 heures et 70 *f*, mais cette comparaison porte sur un temps trop court pour qu'on puisse en tirer des chiffres définitifs.

Note sur les **tramways électriques de Budapest,** par M. F. Launay, Ingénieur des ponts et chaussées.

Il a été établi, depuis 1887, à Budapest, par la maison Siemens et Halske, quatre lignes de tramways électriques; dans ces tramways, le courant est transmis à l'intérieur d'un canal souterrain ouvert au-dessous des rails; ce canal a une section ovoïde de 0,28 *m* de largeur; il est constitué par des châssis en fonte formant gabarit pour du béton moulé et contient les conducteurs formés de deux fers cornières sur lesquels frotte l'organe de prise du courant.

L'usine centrale contient six chaudières tubulaires et sept machines compound à condensation dont trois de 100 *ch* et quatre de 200 *ch*. On peut, en mettant plus ou moins de ces machines en marche, obtenir la puissance nécessaire au fonctionnement des lignes. Les premières machines actionnent chacune une dynamo par courroies, les secondes chacune une dynamo directement. Ces dynamos sont toutes du type Siemens et Halske à six pôles à anneau Gramme extérieur de 3 *m* de diamètre.

Les voitures ont 6 *m* de longueur sur 2,65 *m* de large et peuvent recevoir 32 voyageurs; le dimanche on fait remorquer une autre voiture par la voiture électrique. La vitesse maxima est réglée à 15 *km* à l'heure et elle est réduite à 6 *km* aux croisements des grandes artères.

L'auteur conclut que le conducteur souterrain tel qu'il est employé à Budapest constitue une solution satisfaisante pour le problème de la traction électrique; il n'a pas l'inconvénient des accumulateurs et des conducteurs aériens et l'épreuve de cinq années d'exploitation intensive qu'il vient de traverser est une preuve de son caractère pratique. Il ajoute que le prix de revient n'est pas excessif; nous regrettons de n'en pas trouver la justification dans le mémoire qui se borne à donner les recettes mais non les dépenses de l'exploitation pour 1893.

Précautions à prendre dans l'**installation et l'emploi des tubes indicateurs du niveau de l'eau des chaudières à vapeur,** par M. C. Walckenaer, ingénieur des mines.

Ce mémoire a déjà paru dans les *Annales des mines* (voir comptes rendus du *Bulletin* de décembre 1894, page 903).

Supplément au mémoire « **Recherches sur la flexion des pièces comprimées** », par M. F. Jazinski. **Errata.**

SOCIETÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Décembre 1894.

District du Centre.

Réunion tenue le 19 août 1894 aux Colettes.

Il s'agit d'une excursion faite aux Colettes, sur l'invitation de notre collègue M. Hinstin, pour visiter les exploitations de kaolin qu'il dirige

et examiner le type de foyer fumivore qui a fait l'objet d'une communication de sa part à la Société des Ingénieurs Civils de France. (Voir le *Bulletin* de juillet 1894.)

Ce système de foyer est appliqué à un four à cuire les produits réfractaires et les visiteurs ont pu voir que la fumivorité est absolue. Si, par démonstration, on dérègle le foyer au moment du chargement, il se produit aussitôt un panache de fumée au haut de la cheminée. Le même système est appliqué à un fourneau de cuisine et au foyer d'une chaudière à bouilleur de 50 *ch*.

L'exploitation du kaolin se fait sur un front de 500 *m* à deux niveaux; l'enlèvement se fait par deux voies ferrées reliées par deux plans inclinés automoteurs. L'exploitation est combinée de façon à rattacher les veines de kaolin entre elles et à rejeter en arrière les sables de lavage au fur et à mesure de l'avancement du front.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 1er décembre 1894.

Communication de M. Petit sur les **Sociétés de prévoyance entre mineurs en Angleterre.**

Cette communication donne l'historique de la fondation des *Miner's Permanent Relief Societies*, dont la première fut fondée dans le Durham en 1862, et dont le but est d'organiser des secours mutuels pour les ouvriers blessés, les veuves et orphelins, etc. Ces Sociétés comptaient déjà, en 1890, 300 000 adhérents, elles avaient un budget de 6 millions de francs et possédaient une réserve de 9 millions de francs. La note contient des renseignements intéressants sur le fonctionnement et l'organisation de ces Sociétés et fait remarquer que leur succès tient en grande partie à la nature du caractère anglais plus froid, plus méthodique et plus discipliné que le caractère français, et aux relations toutes différentes qui règlent, au delà de la Manche, les rapports entre patrons et ouvriers.

Communication de M. Maurice sur les **moteurs à gaz et à pétrole.**

L'auteur donne le compte rendu sommaire de l'ouvrage récent de M. A. Witz, intitulé : « Traité théorique et pratique des moteurs à gaz et à pétrole ». On trouve dans cet ouvrage des renseignements intéressants sur les progrès récents de ces moteurs et leurs diverses applications.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 5. — *2 février 1895.*

Lois de la conservation de l'énergie et applications pratiques, par A. Slaby.

Théorie des machines frigorifiques à acide carbonique, par C. Linde.

Appareils de changement de voie et signaux à l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par H. Heimann *(suite)*.

Projet de législation pour prévenir les inconvénients des résidus de fabriques.

Groupe de Hanovre. — Destruction des balayures par la combustion. — Machine à écrire.

Assemblée générale des maîtres de forges allemands à Dusseldorf, le 13 janvier 1895 *(fin)*.

Variétés. — Remplacement du pont tournant d'Hamerten sur l'Elbe, ligne de Berlin à Hanovre, par un pont métallique fixe.

N° 6. — *9 février 1895.*

Pont Roi-Charles entre Stuttgard et Cannstadt, par V. Leilbrand.

Régularisation des rapides du Danube entre Stenka et les Portes-de-Fer, par H. Arnold.

La trirème antique, par R. Haack.

Groupe du Palatinat-Saarbruck. — Installations mécaniques des eaux de la ville de Walldurn (Grand-Duché de Bade).

Variétés. — Transformation de l'Académie autrichienne des mines et école technique supérieure. — Tramway électrique à Hagen (Westphalie).

Correspondance. — Calcul et construction des turbines radiales.

N° 7. — *16 février 1895.*

Notice nécrologique sur Hermann Gruson.

Essais d'appareils et modes de chauffage pour la combustion sans fumée, par R. Stribeck.

Nouvelles machines pour l'imprimerie aux États-Unis d'Amérique, par E. Wentscher *(suite)*.

Les courbes polytropiques au point de vue des diagrammes d'indication, par W. Hartmann.

Groupe de Wurtemberg. — Les falsifications dans l'industrie et le commerce et les moyens de les prévenir.

Bibliographie. — Les efforts additionnels dans les pièces secondaires des ponts métalliques, par J. Engessen.

Correspondance. — Expériences sur une nouvelle forme de roues à aubes.

N° 8. — *23 février 1895.*

Résultats d'exploitation d'une station centrale à Saint-Pétersbourg.

Essais d'appareils et modes de chauffage pour la combustion sans fumée, par R. Stribeck *(fin)*.

Régularisation des rapides du Danube entre Stenka et les Portes-de-Fer, par H. Arnold *(suite)*.

Groupe de Berlin. — Nouveaux principes de physique et de chimie rationnelles, par le Dr E. Dühring.

Groupe de Carlsruhe. — Développement du chauffage à vapeur à basse pression.

Groupe de la Rhur. — Production directe de l'électricité par les combustibles.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Installation centrale de condensation à Stassfurt.

Bibliographie. — Manuel méthodique de mathématiques élémentaires, par G. Holzmüller.

Variétés. — Notes métallurgiques sur la Pennsylvanie. — Revêtement des parois intérieures des cylindres à vapeur. — Explosion de chaudières en Pennsylvanie. — Moteurs à gaz pour la navigation. — Tramways électriques à Vienne. — Assemblée générale de l'Association des fabricants allemands de ciments Portland et de l'Association des fabricants allemands de produits réfractaires.

BIBLIOGRAPHIE

Chemins de fer. — Matériel roulant, Résistance des trains, Traction, par MM. E. Deharme et A. Pulin. — Paris, Gauthier-Villars et fils, imprimeurs-libraires, 55, quai des Grands-Augustins.

Cet ouvrage, qui fait partie de l'Encyclopédie industrielle fondée par M. Lechalas, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, a été offert à la bibliothèque de notre Société par ses auteurs; il fait suite à celui qui a été publié par l'un d'eux, M. E. Deharme, sous le titre : *Chemins de fer; Superstructure*, et est rédigé dans le même esprit, c'est-à-dire d'après le programme de l'École centrale des Arts et Manufactures.

Nous allons faire une analyse rapide de ce livre qui, en dehors de l'intérêt du sujet, emprunte tout d'abord une réelle valeur à la compétence indiscutable de ses auteurs dont l'un professe le cours de chemins de fer à l'École centrale et dont l'autre occupe un poste important dans le service du matériel et de la traction d'une de nos grandes Compagnies; ces messieurs sont d'ailleurs bien connus de nos collègues par d'importantes communications faites à la Société.

Le livre dont nous nous occupons n'est, disons-le de suite, que la première partie de l'étude du matériel roulant. Il traite deux questions fondamentales dont l'examen doit nécessairement précéder cette étude, la résistance des trains et la traction.

Toutefois, avant d'aborder ces sujets, les auteurs consacrent un premier chapitre à des considérations générales relatives à la voie, à l'adaptation du matériel roulant à celle-ci et aux dispositions de principe de ce matériel; une description sommaire de la locomotive d'après sa division en véhicule, chaudière et machine, description indispensable pour l'intelligibilité de ce qui doit suivre, termine ce premier chapitre.

Dans l'étude de la résistance des trains, les auteurs examinent d'abord et successivement les diverses causes de résistance à la traction prises séparément, puis la résistance totale des trains et cela d'après les expériences les plus dignes de confiance; cette étude les conduit naturellement à la description des méthodes expérimentales qu'ils terminent par une comparaison raisonnée entre les diverses méthodes et notamment entre l'emploi du wagon dynamomètre et celui du dynamomètre d'inertie de M. Desdouits. Le premier est de beaucoup le plus employé, comme on sait, et présente des garanties importantes d'exactitude, mais le second, plus récent, est d'un usage commode et peut être employé avec avantage dans certains cas. Cette étude s'achève par l'examen des résultats obtenus et l'énonciation des formules diverses par lesquelles les expérimentateurs ont cherché à résumer leurs recherches. Une part importante est faite à la question de la résistance des locomotives et tenders et à une autre, très intéressante, sur laquelle on a malheureusement peu de données jusqu'ici, celle de la résistance des trains des chemins de fer à voie étroite. Sur ce dernier point, l'opinion des auteurs, opinion qui paraît très rationnelle, est que la résistance du matériel à voie étroite, est, dans des conditions identiques de marche, un peu

plus élevée que pour les voies à écartement normal, tout au moins en alignement droit.

Il est d'ailleurs certain que les questions relatives à la résistance des trains de chemins de fer sont encore loin d'être complètement élucidées, notamment sur divers points très importants; que, pour n'en citer qu'un exemple, la résistance des trains de voyageurs aux très grandes vitesses atteignant ou dépassant 100 *km* à l'heure est en quelque sorte inconnue et que, par conséquent, de nouvelles recherches expérimentales devront compléter ce que nous savons déjà sur certains points et porter la lumière sur ce que nous ignorons encore à peu près complètement, malgré les efforts très louables qui ont été faits de divers côtés depuis près d'un demi-siècle sur ces sujets si intéressants pour l'industrie des chemins de fer.

La dernière partie, consacrée à la traction, embrasse les questions qui ont trait à la réalisation de l'effort moteur, c'est-à-dire à l'étude de la locomotive considérée comme appareil de traction, trouvant la source de l'effort dans l'action de la vapeur sur les pistons et la transformant en force parallèle au rail par la pression exercée par les roues motrices sur ce rail sous l'influence de la gravité.

Les auteurs examinent successivement les diverses questions relatives au moment de rotation autour de l'essieu et à ses variations et à l'adhérence, en insistant sur l'utilisation de cette dernière et les divers moyens proposés ou employés pour l'augmenter. Ils arrivent ainsi à l'étude de l'effort maximum théorique de traction de la locomotive et des sujets qui s'y rapportent, relations entre les divers éléments qui influent sur cet effort, dimensions des cylindres, diamètres des roues, module de traction, relations entre le volume des cylindres et l'adhérence, etc., ce qui amène à l'examen de la production du travail moteur et à son utilisation pour la traction des trains.

Là entre en jeu la question du profil des lignes, et on y examine l'influence des rampes, la limite de celles-ci, le rendement des locomotives etc.

Les auteurs consacrent, en passant, quelques lignes à la locomotive électrique, discutent les avantages et les inconvénients des divers systèmes proposés ou essayés et insistent avec raison sur ce point que la vitesse est limitée sur les lignes existantes, non par le système de traction, mais par les questions d'exploitation et surtout de sécurité.

Vient ensuite la classification des locomotives d'après la nature des lignes desservies divisées en 1° lignes principales à grand trafic et profil facile; 2° lignes secondaires, 3° lignes à fortes rampes ou de montagnes et 4° lignes d'intérêt local. Des exemples choisis parmi les plus remarquables sont donnés des types de machines qui desservent les divers services sur ces diverses lignes. Un chapitre fort intéressant par lequel se termine cet examen est celui qui traite de la locomotive compound, cette nouvelle venue qui a su se faire rapidement, en dépit de l'opposition des uns et de l'indifférence des autres, une place déjà si importante dans l'exploitation des chemins de fer.

Après un aperçu historique très impartial sur la question, les auteurs exposent le principe de l'application du fonctionnement compound aux

locomotives, les différentes manières dont on le réalise, le calcul des efforts de traction avec les diverses formules pour l'apprécier, décrivent sommairement les types déjà nombreux des locomotives compound, à deux, trois et quatre cylindres et terminent par un aperçu sur le développement si rapide de ces machines qui témoigne, disent les auteurs, mieux que tous les raisonnements, de l'utilité du système; ce perfectionnement, dès à présent acquis, apparaît donc comme une évolution rationnelle de l'admirable moteur appliqué à la traction.

Le volume se termine par une partie qui sera vivement appréciée des praticiens et que nous n'avons pas encore rencontrée dans des ouvrages traitant de la locomotive, si ce n'est dans le *Handbuch für Specielle Eisenbahn Teknik* de Heusinger von Waldegg. Cette partie est consacrée à un certain nombre d'applications numériques du calcul de l'effort de traction nécessaire pour remorquer des trains donnés dans des conditions déterminées, ce qui permet de trouver immédiatement les dimensions principales d'une locomotive destinée à faire un service défini. Les auteurs se contentent généralement d'énoncer au cours de leurs ouvrages les éléments de ces calculs en laissant aux lecteurs le soin de les rechercher avec plus ou moins de peine dans un livre quelquefois volumineux, de les réunir et d'en tirer le parti qu'ils peuvent.

Nous croyons qu'à ce point de vue, cette partie de l'ouvrage de MM. Deharme et Pulin rendra de grands services aux personnes, qui sans demander à connaître à fond la construction des locomotives, ont besoin de savoir quel parti ils peuvent tirer de ces machines et les points qui doivent les guider dans le choix d'un type. En général, les ouvrages consacrés aux machines locomotives ont jusqu'ici été faits surtout en vue de ceux qui les construisent ou les conduisent et bien moins au point de vue de ceux qui ont à les faire construire et à les utiliser.

Ajoutons que la forme de la rédaction, simple et nette, sans exagération de formules et de calculs, bien qu'aucune des considérations théoriques nécessaires ne soit négligée, et des descriptions très claires aidées de figures dans le texte rendent la lecture de l'ouvrage facile et même attrayante pour toutes les classes de lecteurs.

Nous sommes heureux de recommander cet intéressant volume qui prépare le terrain pour l'étude détaillée de la locomotive, étude que nous attendons avec une impatience justifiée par les appréciations que nous venons d'émettre, à l'attention du très grand nombre de nos collègues qui s'occupent des questions relatives aux chemins de fer et plus particulièrement à la locomotion. Nous sommes persuadés qu'ils trouveront dans sa lecture le même fruit et le même plaisir que nous y avons trouvés nous-même.

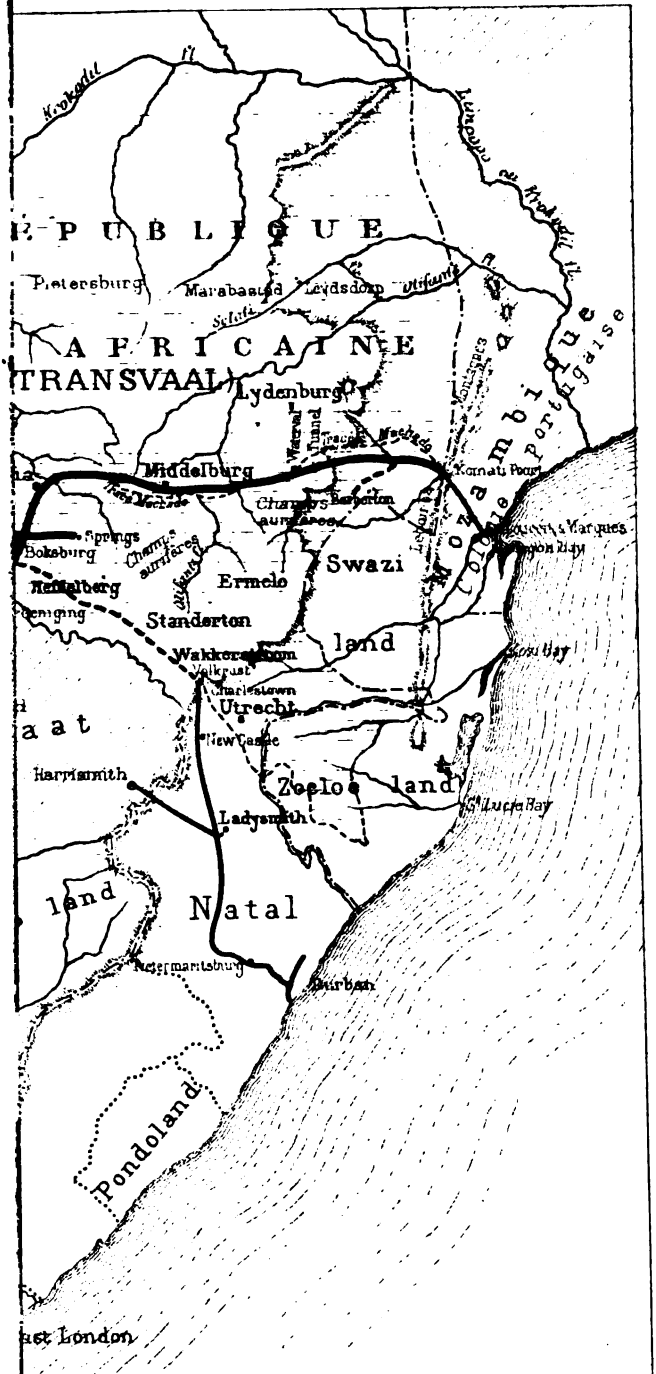
Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 6163- 3-94. — (Encre Lorilleux).



CHEMINS DE FER
dans l'Afrique Méridionale.

Lignes de la Sté Néerl. Sud Afr. en exploitation.

——— dº ——— dº ——— en construction

Autres lignes en exploitation.

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MARS 1894

N° 4

Sommaire des séances du mois de mars 1895 :

1° *Traction mécanique des tramways*, de M. E. de Marchena, lettre de M. P. Regnard (Séance du 1er mars), page 334;

2° *Décès* de MM. A. Coste, E.-A. Deffosse, M. E. Didierjean, P.-A. Marmiesse, C.-F. Mathieu, J.-A.-A. Vieillard (Séances des 1er et 15 mars), pages 335 et 347;

3° *Décorations et nominations* (Séances des 1er et 15 mars), pages 335 et 347;

4° *Conseil supérieur des habitations à bon marché* (nomination de Membres du) (Séance du 1er mars), page 335;

5° *Nomination de M. Cacheux comme Président de la Société française d'hygiène* (Séance du 1er mars), page 335;

6° *Médaille d'argent décernée à M. H. Bunel, par l'Académie de Médecine* (Séance du 15 mars), page 347;

7° *Médaille et diplôme commémoratif de l'Exposition de Chicago délivrée à la Société* (Séance du 15 mars), page 348;

8° *Fondation de la Société française des Ingénieurs coloniaux*, lettre de M. J.-M.-J. Courau (Séance du 1er mars), page 335;

9° *Inauguration du musée social* (Invitation à l') (Séance du 15 mars), page 348;

10° *Jauges basées sur le système décimal* (Emploi en Amérique des) (Séance du 15 mars), page 348;

11° *Compte rendu analytique des mémoires présentés à l'Association technique maritime*, par M. G.-J. Hart et observations de M. J. Gaudry (Séance du 1er mars), page 336;

12° *Séismes et volcans* (Discussion sur les), M.-J. Bergeron, de Longraire, G. Richard, E. Derennes, E. Lippmann, Aug. Moreau, P. Chalon, P. Regnard, H. Couriot, Ch. Anthoni, et lettres de MM. D.-A. Casalonga et J. Gaudry (Séances des 1er et 15 mars), pages 339 et 348;

13° *Moteurs à gaz* (Discussion sur les), MM. V. Langlois, E. Cornuault, R.-L. Yvon, P.-A. Mallet, E. Pagniez, Ch. Haubtmann (Séance du 15 mars), page 348;

14° *Les grues électriques du port du Havre*, par M. E. Delachanal et observations de M. E. Pagniez (Séance du 15 mars), page 354;

15° *Appareils téléphoniques applicables à la téléphonie militaire*, par M. le capitaine Charollois, et observations de M. Ch. Haubtmann (Séance du 15 mars) page 359.

Mémoires contenus dans le bulletin de mars 1895 :

16° *Congrès du Génie maritime à Chicago*, par M. L. de Chasseloup-Laubat, page 361;

17° *Analyse de la statistique des houillères de France, pour 1893*, par M. E. Gruner, page 408;

18° *Notes et observations à propos de la communication de M. de Longraire, sur les séismes et volcans*, par M. J. Bergeron, page 442;

19° *Séismes et volcans. Réponse aux diverses observations présentées dans les séances des 15 février et 1er mars 1895*, par M. de Longraire, p. 455;

20° *Note sur le rendement organique des machines à vapeur à multiple expansion*, par M. A. Lencauchez, page 465;

21° *Réception des commerçants et industriels de Paris par M. Félix Faure*, Discours de M. Delaunay-Belleville, page 468;

22° *Notice nécrologique sur M. P.-A. Marmiesse*, page 471;

23° *Chronique* n° 183, par M. A. Mallet, page 474;

24° *Comptes rendus*, — page 485;

25° *Bibliographie* — page 492;

26° *Errata à la note sur les mémoires présentés à l'Association Technique maritime* (Bulletin de février, page 276 et suivantes), par M. G.-J. Hart, page 495;

27° *Planches* nos 130 à 135.

Pendant le mois de mars 1895, la Société a reçu :

35215 — *Annuaire du Bureau des Longitudes, 1895*. Paris, Gauthier-Villars, 1895.

35216 — *Nouveau Manuel complet du relieur en tous genres*, par Séb. Lenormand et Maigne. Paris, Roret, 1890.

35217 et 35218 — De MM. E. Bernard et Cie, éditeurs. *Concours pour l'Exposition universelle de 1900. Projets exposés au Palais de l'Industrie* (in-4° de 148 p. avec atlas de 66 pl. grand in-4°). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35219 — De la Société d'économie politique. *Bulletin de la Société d'économie politique. Année 1894.* Paris, Guillaumin et Cie, 1894.

35220 — *Atlas des ports étrangers*, 1re livraison 1884, qui complète la collection que possède la Société. Paris, Imprimerie nationale, 1884.

35221 — De l'Iron and Steel Institute. *The Journal of the Iron and Steel Institute.* Vol. XL, VI, N° II, 1894. London, 1894.

35222 — De l'Iron and Steel Institute. *Brief Index of the Papers contained in the Journal of the Iron and Steel Institute.* 1869-1894 (in-8° de 30 p.) London, 1894.

35223 — De la Société Nationale d'Agriculture. *Mémoires publiés par la Société Nationale d'Agriculture de France*, tome CXXXVI. 1894. Paris, Chamerot et Renouard, 1895.

35224 — De M. J. Berlier (M. de la S.). *Note sur le siphon de Clichy-Asnières sous la Seine* (grand in-8° de 16 p. avec 4 pl.). Paris, Baudry et Cie, 1895.

35225 — De M. J.-A. Normand (M. de la S.). *Des lois de similitude dans diverses questions de constructions navales* (grand in-8° de 12 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894.

35226 — De M. P. Ferrand (M. de la S.). *L'or à Minas Geraes* (Brésil), volume II, 1er fascicule (in-8° de 141 p.). Ouro Preto, 1894.

35227 — De M. F. Michotte. *Traité scientifique et industriel des plantes textiles. Supplément au tome III. L'ortie* (in-8° de 73 p.). Paris, J. Michelet, 1895.

35228 — De M. Ulbado Fuentes (M. de la S.). *Proyecto de implantacion de nuevas industrias en la fábrica de harinas de la Peña de la Sal* (Sevilla) (petit in-8° de 18 p.). Sevilla, 1895.

35229 — De MM. Gauthier-Villars, éditeurs, *Traité des bicycles et bicyclettes*, par C. Bourlet (petit in-8° de 232 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1895.

35230 — Dito. *Appareils accessoires des chaudières à vapeur*, par Dudebout et Croneau (petit-in-8° de 176 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1895.

35231 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Vierunddreissigstes Bulletin der Gesellschaft ehemaliger Studierender des Eidgenössischen Polytechnikums in Zürich* (in-8° de 63 p.). Zürich, 1874.

35232 — De M. Ch. Lucas (M. de la S.). *Caisse de défense mutuelle des architectes. Liste des Présidents de l'Association. Liste alphabétique des membres. Données générales* (1 tableau). Paris, Chaix, 1895.

35233 — De M. A. Laussedat (M. de la S.). *Le Conservatoire des arts et métiers* (in-4° de 24 p. avec 3 pl.). Paris, Librairie illustrée.

35234 — Du Massachusetts Institute of Technology. *Massachusetts Institute of Technology, Boston, Annual Catalogue, 1894-1895.* Boston, 1895.

35235 — Dito. *Massachusetts Institute of Technology, Boston. Annual Report, December 12, 1895.* Boston, 1895.

35236 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *An Audience with Carnot. The Late President Carnot's Personality and Private Life* (grand in-8° de 8 p.), 1895.

35237 — De M. L.-L. Vauthier (M. de la S.). *Projet de modification du régime fiscal en matière de succession* (in-8° de 23 p.). Paris, L. Larose, 1895.

35238 — De M. L. Rey (M. de la S.). *Guide pratique pour l'application du propulseur à turbine hélicoïde aux navires et aux bateaux de rivières et de canaux*, par C.-A. d'Holm (in-4° de 32 p. avec 4 tableaux et 2 pl.). Paris, N. Chaix et C^ie^, 1856.

35239 — Dito. *Théorie de l'injecteur automoteur des chaudières à vapeur de M. H. Giffard*, par Reech (petit in-4° de 60 p. avec 2 pl.). Paris, Mallet-Bachelier, 1860.

35240 — Dito. *The Lighthall Cable Traction Tramway Company* (grand in-4° de 16 p. avec 16 pl. et atlas même format de 14 pl.). Washington, 1883.

35241 — Dito. *Chemin de fer métropolitain de Paris. Réseau de première urgence sur un développement de 28 kilomètres 850 mètres. Projet d'exécution. Mémoire à l'appui du projet*, par E. Deligny et L.-L. Vauthier (in-4° de 63 p. avec 2 pl.). Paris, Ch. Blot, 1887.

35242 — De M. M. Delmas (M. de la S.). *Un coup d'œil sur le budget allemand* (in-8° de 52 p.). Paris, Génie Civil, 1895.

35243 — De M. A. Brüll (M. de la S.). *Sur la confection des éprouvettes cylindriques de ciment et de mortier de ciment* (une feuille in-4° de 4 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35244 — De l'Engineering Association of New South Wales. *Minutes of Proceedings of the Engineering Association of New South Wales. Vol. VIII.* Sydney, 1893.

35245 — De l'American Society of Mechanical Engineers. *Transactions of the American Society of Mechaninal Engineers. Vol. XV.* New-York City, 1894.

35246 — De M. V. Dubreuil (M. de la S.). *Rapport de la Commission des essais préparatifs sur le travail absorbé par les câbles et par les courroies dans les transmissions de mouvement* (in-8° de 31 p.). Lille, L. Danel, 1895.

35247 — De M. N.-J. Raffard (M. de la S.). *Manuel de l'électricité atmosphérique*, par John Murray (petit in-12 de 264 p. avec 1 pl.). Paris, Roret, 1831.

35248 — De M. Clementisch de Engelmeyer (M. de la S.). *Cinégraphe* (in-8° de 4 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1894.

35249 — Dito. *Du rôle de nos sensations dans la connaissance des phénomènes mécaniques* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars, 1895.

35250 — Dito. *Uebersicht über Dynamo-Maschinen* (in-4° de 7 p.). 1894.

35251 — De la Chambre syndicale des mécaniciens, chaudronniers et fondeurs de Paris. *Protestation contre la délibération prise par le Conseil municipal de Paris dans sa séance du 31 décembre 1894 pour modifier les tarifs d'octroi sur les fers et fontes* (in-4° de 8 p.). Paris, Chaix, 1895.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mars 1895, sont :

Comme Membres sociétaires MM. :

A.-C.-P.-J. Ansaldy,	présenté par MM.	Carimantrand, Lévy, Maurice.
F.-C. Calvé,	—	Harlé, Charton, J. Fleury.
E.-A. Coutant,	—	Chaillaux, Delpeuch, Miston.
G. Despret,	—	L. Appert, du Bousquet, Ed. Despret.
J.-H. Maunoury,	—	Appert, Jeannettaz, Tourneur.
J. Naëder,	—	L. David, Dehenne, Ch. Vigreux.
A.-O. dos Santos Pires,	—	Mallet, Carimantrand, Thiré.
G. Tartary,	—	Faliès, Flachat, Cerbelaud.
Ch. Tellier,	—	Boivin, Rousselle, Jannettaz.
Ch.-P. Zéringer,	—	J. Farcot, P. Farcot, Brancher.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MARS 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 1er MARS 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu, à propos de la lettre de M. E. de Marchena, insérée au dernier procès-verbal, la lettre suivante de M. P. Regnard :

« Paris, 1er mars 1895.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Je ne puis laisser sans réponse la lettre que notre Collègue, M. de Marchena, vous a adressée, et que reproduit le compte rendu de la séance du 15 février.

» Lorsque j'ai apporté ici l'affirmation que le funiculaire de Belleville était un réel succès, presque tous les membres de notre Société présents à la séance du 19 janvier ont paru fort surpris; quelques-uns m'ont demandé si seulement il y avait un service en fonctionnement régulier!... Tenant à convaincre mes Collègues que cette entreprise éminemment utile doit être appréciée par des Ingénieurs avec des données plus sérieuses que les plaisanteries de la presse, j'ai apporté ici quelques chiffres.

Je ne crois pas qu'on puisse tirer du rapprochement que j'ai fait, entre la recette kilométrique du funiculaire de Belleville et la recette de la meilleure ligne de nos chemins de fer français, autre chose que ce que j'en ai conclu, c'est-à-dire ceci : Avec un tarif si minime, de 0,10 *f* et 0,05 *f* à certaines heures, pour le parcours complet, la traction mécanique, réalisée dans les conditions les plus difficiles, a réussi à fournir, d'une part, à une population nombreuse un moyen de transport éminemment apprécié, et, d'autre part, à ceux qui ont eu le courage de l'entreprendre une juste et équitable rémunération de leurs capitaux. D'où je conclus que la traction mécanique me semble applicable, *à fortiori*, partout dans Paris, utilement et avantageusement.

» Que si la ligne Paris-Auteuil, avec ses trains de quinze à dix-huit voitures, n'arrive qu'à une recette kilométrique annuelle de 437 000 *f*, soit un peu plus du double seulement de celle du funiculaire si injustement décrié, mon argumentation n'y puise qu'une force nouvelle, et je dois remercier M. de Marchena de m'avoir fourni ce chiffre.

» Veuillez agréer, etc.

» P. REGNARD, *Ingénieur*. »

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos collègues :

M. A. Coste, membre de la Société depuis 1879, a été directeur d'ardoisières.

M. E.-A. Deffosse, membre de la Société depuis 1849, a été Ingénieur au chemin de fer P.-L.-M.

M. M.-E. Didierjean, membre de la Société depuis 1864, a été Directeur général de la Compagnie des cristalleries de Saint-Louis auxquelles son habileté et sa compétence ont permis de réaliser de nombreux progrès.

M. P.-A. Marmiesse, membre de la Société depuis 1882, a été Ingénieur en chef des Forges et Chantiers de la Méditerranée, au Havre.

Tous ceux de nos Collègues qui ont pris part à l'excursion organisée en 1887 au Havre, se rappellent son affabilité et l'accueil cordial qu'il nous avait fait. Une notice sur ses nombreux et importants travaux sera insérée au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer la nomination de M. L. Joubert au grade de chevalier dans l'ordre de la Légion d'honneur. M. Joubert a été décoré comme Président de la Société des anciens élèves des Ecoles d'Arts et Métiers, de la main même de M. le Président de la République, lors de l'inauguration du nouveau siège social de l'Association des anciens élèves de ces Écoles.

M. LE PRÉSIDENT annonce que MM. E. Cacheux, F. Mangini et E. Tréle, ont été nommés membres du Conseil supérieur des habitations à bon marché, récemment institué par M. le ministre du Commerce.

M. E. Cacheux a été nommé Président de la Société Française d'Hygiène.

M. LE PRÉSIDENT signale, parmi les ouvrages reçus, l'album, accompagné d'un volume de texte offert, à la Société par MM. Bernard et C^ie^, éditeurs, et où sont reproduits les projets les plus intéressants présentés au *concours pour l'Exposition Universelle de 1900*.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'il a reçu de M. J.-M.-J. Courau, membre de notre Société et Président de la nouvelle Association fondée sous le nom de *Société française des Ingénieurs coloniaux*, une lettre lui annonçant la création de cette Société; il espère, avec M. Courau, que les Ingénieurs coloniaux ne pourront qu'être entraînés à entrer dans la Société des Ingénieurs Civils, à la suite des membres qui font déjà partie de ces deux Sociétés.

M. LE PRÉSIDENT espère aussi que le développement que prend en ce moment l'Association des anciens élèves des Écoles d'Arts et Métiers, ne fera que resserrer les liens qui existent entre cette Association et la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. le Président donne la parole à M. G.-J. Hart pour son *Compte rendu analytique des mémoires présentés à l'Association technique maritime.*

M. Hart fait un compte rendu sommaire des mémoires présentés à la session de l'Association technique maritime. C'est grâce à l'amabilité de M. Piaud, Ingénieur en chef du Bureau Véritas et secrétaire général de l'Association, qu'il a reçu, comme membre de la Société des Ingénieurs Civils, une invitation pour cette session et il ne croit pouvoir en exprimer mieux ses remerciements qu'en signalant à l'attention de la Société l'intérêt que présentent les divers mémoires présentés.

Ceux-ci, au nombre de huit, traitent les sujets les plus divers; les uns se rapportent aux constructions navales proprement dites, les autres à la construction des machines et chaudières, d'autres enfin à des questions d'armement, d'hydrographie ou de statistique.

Le premier de ces mémoires, relatif à des observations sur les foyers des chaudières marines, a été lu par M. Daymard, Ingénieur en chef de la Compagnie transatlantique, qui a passé en revue les différents types de foyers cylindriques employés dans les chaudières tubulaires à retour de flamme, a examiné les diverses avaries qui peuvent s'y produire, en a indiqué les remèdes et a terminé sa communication en signalant une méthode récemment appliquée par la Compagnie transatlantique pour le remplacement sur place des foyers avariés. Cette méthode, due à MM. Macquin, Ingénieur, et Marie, chef des travaux de la Compagnie, permet d'opérer ce remplacement en douze jours, c'est-à-dire pendant le stationnement des paquebots au Havre. C'est là un résultat des plus remarquables et qu'apprécieront tous ceux qui ont à exécuter des réparations de chaudières.

Le second mémoire, présenté par notre collègue M. A. Normand, le constructeur bien connu du Havre, traitait des lois de similitude dans les constructions navales et spécialement dans la construction des machines motrices. M. Normand a exposé qu'en mettant à part la question des liaisons des machines avec la coque, qui doit être étudiée de très près pour chaque cas particulier, un même plan de machines pouvait être exécuté à des échelles différentes sans changer les conditions de charge des matériaux ou des surfaces flottantes ni les chutes de pression, à la condition que le nombre de tours soit inversement proportionnel aux dimensions linéaires. Il a fait connaître que depuis longtemps déjà il appliquait, on sait avec quel succès, cette méthode à la construction des machines sorties de ses chantiers, avec grande économie de temps et d'argent. M. Normand a terminé en étendant la théorie de la similitude aux expériences exécutées sur des modèles.

M. Vivet, Ingénieur au Bureau Véritas, a donné ensuite lecture d'un mémoire sur la fatigue des navires et a exposé une méthode pour la détermination des échantillons des charpentes, en partant du principe de la limitation de l'effort à la fibre la plus chargée, au lieu de le faire comme aujourd'hui empiriquement et par comparaison avec des types existants. Il conclut en donnant des formules permettant de calculer le moment fléchissant et l'épaisseur moyenne du bordé, formules qu'il doit appliquer à des bâtiments ayant donné des résultats satisfaisants pour en vérifier l'exactitude.

Après M. Vivet, notre collègue, M. Merveilleux du Vignaux a lu une étude sur l'artillerie de bord et l'armement des navires. Il a signalé la caractéristique de l'artillerie actuelle qui est l'augmentation de la vitesse initiale du projectile et la diminution du calibre, et a fait l'historique de l'accroissement de vitesse réalisé depuis quelques années.

M. du Vignaux a successivement étudié le canon lui-même, les munitions, l'affût, la tourelle, et a rappelé les précautions à prendre pour soustraire les soutes à munitions aux élévations de température qui modifient la nature de la poudre.

Il a terminé son travail en tentant d'établir une base rationnelle de comparaison au point de vue de l'artillerie entre des navires similaires, et a donné une formule qui ne peut malheureusement tenir compte de toutes les conditions à envisager et ne comprend que le nombre de pièces de chaque calibre, le nombre de coups par minute et par pièce, le poids du projectile et sa vitesse initiale.

Comme on peut le voir par cet exposé très sommaire, le travail de M. du Vignaux est, en quelque sorte, la suite du mémoire sur l'artillerie à tir rapide qu'il a présenté à la Société dans les séances du 2 et du 16 février 1894.

M. Risbec, Directeur des ateliers des Messageries maritimes, a présenté un mémoire sur la résistance des carènes dont il n'a pu malheureusement venir donner lecture lui-même.

Ce mémoire, très important, établit un certain nombre de formules usuelles permettant de calculer les diverses résistances que rencontre le mouvement de la carène dans l'eau en fonction de dimensions simples de cette dernière. M. Risbec a été dans la nécessité de faire certaines hypothèses, et a eu soin d'indiquer que si elles n'étaient pas réalisées, les formules cessaient d'être applicables. Il faut ajouter que les exemples donnés dans la troisième partie de son mémoire montrent que ces hypothèses sont tout à fait admissibles, puisque les formules s'appliquent parfaitement à des navires ayant donné des résultats connus.

Outre la résistance des carènes, M. Risbec a étudié aussi la résistance des machines et a cherché à déterminer quelle était la fraction de la puissance indiquée réellement transmise au propulseur.

Il arrive ainsi à une formule très simple en fonction de la puissance maxima que peut développer la machine, formule qui peut rendre de grands services par une approximation rapide et cependant satisfaisante.

M. Müller, capitaine au long cours, a étudié les effets de la loi italienne sur la marine marchande et a signalé les résultats médiocres qu'elle a donnés. Il a exprimé la crainte que la nouvelle loi française ne donne pas des résultats plus brillants et a signalé, notamment, l'exagération de la vitesse nécessaire pour avoir droit à la surprime, dans le cas où les plans de construction sont approuvés par le Ministère de la Marine.

M. Dibos, ingénieur de la Marine, a présenté deux notes, la première relative à l'emploi du scaphandre sur les navires de commerce, emploi dont il démontre l'utilité incontestable, et la seconde sur le jaugeage des cours d'eau à l'aide de flotteurs amarrés. Cette seconde note étudie l'extension de la méthode indiquée par M. Horta, ingénieur de la Marine

à Anvers, et fait ressortir quels résultats précieux elle donnerait pour la connaissance des courants de marée et le jaugeage des estuaires.

Comme on le voit, les mémoires présentés à l'Association Technique maritime sont des plus intéressants. Quelques-uns, comme ceux de MM. Risbec et Vivet, ont la plus grande valeur pratique et méritent toute l'attention de la Société des Ingénieurs Civils de France.

M. Gaudry demande si des belles conférences de MM. Daymard et Risbec il est résulté qu'il y avait lieu d'abandonner ou de conserver la formule classique $F = \frac{V^3}{M^3} B^2$, servant à calculer la puissance motrice pour mouvoir le navire à une vitesse voulue dans les circonstances moyennes de la mer.

Assurément, cette formule ne fournit qu'une approximation et les données de la navigation sont si complexes et variables, qu'il n'en peut guère être autrement.

Dans une communication faite à la Société des Ingénieurs Civils en 1892, on a vu que la formule correspond assez bien à la réalité pratique jusqu'aux vitesses de 19 à 20 nœuds; ainsi qu'il est justifié par des relevés aussi exacts qu'il a été possible, sur l'ensemble de la flotte de la Compagnie Transatlantique française, notamment sur *Touraine*, *Bretagne* ou *Gascogne*, *Labrador*, *Saint-Simon* et *Chanzy*, types différents très caractéristiques.

Mais la formule ne paraît plus s'appliquer au cas des immenses paquebots à très grande vitesse, tels que *Campania*, le nouveau Cunard.

Soit, en effet, la section immergée du maître couple $B^2 = 140\ m^2$, et la vitesse obtenue aux essais $V = 23$ nœuds; en donnant la valeur $M = 4$, au coefficient d'utilisation pratique, conformément à ce qu'on trouve en général, et au moins, dans les paquebots qu'on peut comparer le mieux à la *Campania*, la formule donnerait la force F en chevaux de 75 *kgm*.

$$F = \frac{V^3}{M^3} B^2 = \frac{23^3}{4^3} \times 140 = 26600\ ch.$$

Or, s'il faut s'en rapporter à ce qui a été écrit, la force réelle déployée aux essais aurait été d'environ 30 000 *ch*. D'où, s'il faut conserver la formule, il faudrait conclure qu'on n'y peut faire entrer qu'une bien faible valeur au coefficient M, peut-être à cause du gaspillage de force motrice le long de cette immense coque de 190 *m*.

M Gaudry demande donc si la question d'application ou du rejet de la formule classique ci-dessus dont on se sert ordinairement a été traitée à l'Association Maritime.

M. Hart répond négativement; il fait d'abord remarquer que la formule citée par M. Gaudry, formule d'un usage courant dans la marine, est une formule d' « utilisation », question que n'a pas traitée M. Risbec dans son mémoire. Ce dernier n'a étudié que l'évaluation des résistances de la carène, et n'a fait aucun rapprochement entre la valeur totale de ces résistances et l'évaluation de la puissance nécessaire pour les vaincre.

Si à la fin de son mémoire il a traité la question des résistances propres des machines, il n'a fait aucune allusion au coefficient d'utili-

sation du propulseur, coefficient assez variable, suivant ses dispositions, ses proportions, et son immersion.

Il ne semble donc pas que la formule $F = \frac{V^3}{M^3} B^3$, qui, ainsi que l'a indiquée M. Gaudry, a donné jusqu'ici des résultats se rapprochant beaucoup de l'exactitude, doive être abandonnée. Seule la valeur du coefficient M est à étudier pour les énormes et rapides paquebots nouvellement mis en service.

Les différences constatées peuvent tenir à un ensemble de causes difficiles à analyser faute d'éléments suffisants. On peut cependant supposer que les principales peuvent être l'augmentation du coefficient de frottement de la coque, qui, à des vitesses aussi élevées et pour des dispositions aussi nouvelles des propulseurs, n'est peut-être plus proportionnelle à V^2, mais à une puissance supérieure de V. La réaction du système de vagues satellites créé par l'avant sur celui créé par l'arrière, qui dépend beaucoup des proportions de la carène et des formes du navire, enfin l'utilisation proprement dite des proportions qui, destinées à transmettre une énorme puissance, sont peut-être dans de moins bonnes conditions que sur les navires de dimensions plus modérées.

Ce ne sont là que de simples hypothèses, mais leur seule énumération fait comprendre combien l'explication de la perte de puissance signalée par M. Gaudry est difficile à donner exactement en l'état de la question.

On ne peut donc dès maintenant condamner la formule $F = \frac{V^3}{M^3} B^3$ pour les vitesses supérieures à 20 nœuds. Il faudrait connaître un plus grand nombre de résultats et savoir notamment comment se répartit la perte de puissance entre les deux organes de transformation, depuis la production de la puissance dans la chaudière, jusqu'à son utilisation par le propulseur.

M. le Président remercie M. Hart de sa communication pleine d'intérêt dans laquelle les membres de la Société trouveront avec certitude des documents utiles sur les chaudières, sur les machines marines et le matériel naval en général.

M. le Président a reçu la lettre suivante de M. D.-A. Casalonga à propos de la *Discussion sur les séismes et volcans*.

« Paris, 1er mars 1895.

» Monsieur le Président,

» Craignant de ne pouvoir me rendre à la réunion de ce soir, je me permets de vous soumettre les quelques remarques suivantes :

» On ne saurait expliquer, comme le fait M. Bon, cité par M. Auguste Moreau, l'augmentation de température en profondeur, par la *compression* des couches d'air, à mesure que l'on descend. L'air peut être très dense, très comprimé, et cependant être à une très basse température, après que la chaleur de compression a disparu. On ne peut pas assimiler la variation de température en profondeur d'une masse d'air considérée dans un puits à la variation de température entre la plaine et la cime d'une montagne; non seulement on a souvent remarqué qu'il fait quel-

quefois plus chaud sur certaines hauteurs que dans la plaine, mais encore il faut admettre que la variation de température entre l'air des plaines et celui des hautes cimes résulte d'une variation de destruction de force vive des rayons solaires. Ceux-ci, dès qu'ils atteignent les hautes régions de l'atmosphère, où l'air est généralement pur et de très faible densité, perdent peu de leur force vive; mais, dès qu'ils pénètrent au sein des couches plus denses, la perte est plus grande et, par suite, est plus grande aussi la restitution de chaleur. Lorsque l'air est dense, humide, en couches profondes, comme c'est le cas au lever et au coucher du soleil, et par des temps de brouillard, la destruction de force vive est si grande que le soleil en perd son éclat et passe du blanc éclatant au rouge.

» Quant à la théorie électrique rappelée par M. P.-F. Chalon, plusieurs objections semblent pouvoir lui être faites.

» C'est entre les *masses nuageuses* électrisées de l'atmosphère, et la *partie fluide* du globe, que Planté supposait qu'une attraction, assez intense pour produire la dislocation de la mince croûte solide, se produisait. Or, bien des séismes surviennent par un temps très beau. De plus, si une action électrique intense s'exerçait entre le noyau fluide du globe et la surface, elle se ferait certainement sentir dans les mines, et M. P.-F. Chalon est le premier à corroborer le fait que, dans certains pays tout au moins, on ne perçoit aucun ébranlement dans les mines. On peut faire aussi cette remarque que si des villes entières sont détruites, si de nombreux habitants sont ensevelis, écrasés, noyés, on n'en a jamais trouvé de foudroyés.

» On est donc assez porté à croire, par le simple raisonnement, que les actions électriques et magnétiques, qui semblent bien être comprises dans le phénomène du séisme, n'y figurent que comme une conséquence d'actions chimiques ou mécaniques, c'est-à-dire, calorifiques et nullement comme causes impulsives.

» Veuillez agréer, etc. » D. A. Casalonga. »

M. J. Bergeron, à la suite de la discussion provoquée par la communication de M. de Longraire, croit bon d'exposer les idées actuelles sur la question du feu central. On n'admet plus que la température de l'intérieur de la terre aille toujours en croissant jusqu'au centre. Vers ce centre ont dû se grouper les éléments les plus denses; puis viendrait une matière en fusion, résidu de la masse fondue de la terre qui renfermerait en dissolution une partie des gaz et des vapeurs qui, par suite de leur séparation d'avec la masse fondue par la formation de la croûte solide, se sont condensés et précipités de manière à former les eaux des océans avec leurs sels alcalins. Ces gaz et vapeurs, tenus en dissolution, tendraient à se dégager à mesure que la masse se refroidit. On explique ainsi comment, lors des éruptions, il se dégage de la vapeur d'eau et des sels alcalins comparables à ceux des océans, quelle que soit la position des volcans. De plus, de la composition différente des laves de deux volcans voisins, on est porté à admettre que ces laves viennent de réservoirs distincts situés très profondément. Cette hypothèse est confirmée par la découverte de *laccolithes* faite dans l'Utah (États-Unis

d'Amérique) par le professeur Gilbert. Le professeur Iddings a reconnu que, dès les plus anciennes éruptions, les roches éruptives se groupaient par régions d'après leur composition chimique, ce qui indique des liquations qui ont dû encore faciliter le refroidissement et la séparation des éléments.

Puis, rentrant dans la question des tremblements de terre, M. J. Bergeron dit que ce sont des vibrations qui peuvent être dues, soit à un mouvement propre du sol, soit à un choc exercé contre ce sol.

La première hypothèse est confirmée par l'examen des régions montagneuses qui sont dues à des plissements superficiels de l'écorce terrestre. Ces plissements se produiraient par suite du retrait de la partie centrale encore chaude à mesure qu'elle se refroidit ; ils se produiraient surtout dans la partie superficielle de l'écorce terrestre, d'une façon insensible pour nous parce que nous sommes dans une période de calme, mais parfois par suite de la tension des couches terrestres il y aurait des craquements qui se traduiraient par des tremblements de terre. L'origine de ces séismes expliquerait pourquoi ils s'observent surtout dans les régions récemment disloquées comme les Alpes et la Méditerranée et pourquoi les centres de vibrations seraient superficiels. La cause dans ce cas est dite orogénique.

La seconde hypothèse explique le choc par des explosions comparables à celles qui se produisent lors des éruptions volcaniques ; mais, dans ce cas, les explosions seraient souterraines.

Ces deux théories sont rationnelles et jusqu'à nouvel ordre on peut les admettre.

M. J. Bergeron discute ensuite les opinions émises devant la Société. Comme MM. Fouqué, de Lapparent et Casalonga, il ne peut admettre l'hypothèse de M. de Longraire, parce qu'il y a disproportion entre l'effet et la cause. D'ailleurs, en Andalousie, les désastres causés par les glissements de terrain ont été bien moins considérables que ceux qui étaient dus à la simple trépidation du sol.

L'explication tirée d'effondrements dans de vastes cavernes souterraines n'est pas satisfaisante, car, à la longue, ces effondrements devraient aboutir à un affaissement du sol, ce qui n'est pas.

Comme M. Casalonga, M. J. Bergeron pense que la théorie de M. Daubrée est inadmissible ; mais il avoue ne pouvoir admettre non plus celle de M. Stanislas Meunier.

Quant à la théorie déjà ancienne, soutenue par M. Moreau, elle est en contradiction avec les faits actuellement connus et la région de l'Auvergne citée à l'appui de cette opinion est le meilleur exemple que l'on puisse invoquer contre elle, les volcans ne s'y étant produits que longtemps après que la Limagne n'était plus occupée par la mer ni même par des eaux douces. M. J. Bergeron discute les trois façons dont l'eau aurait pu agir et il ne peut se rallier aux opinions émises à cet égard.

Si des phénomènes électriques se produisent lors des tremblements de terre, ils sont de trop faible importance pour en être la cause ; ils n'en sont vraisemblablement que l'effet.

Enfin M. J. Bergeron décrit d'après les récents travaux du professeur

Milne de Tokio, quels sont les modes de construction employés dans les régions exposées aux séismes.

En terminant, il dit combien il est heureux que, grâce à la Société, les Ingénieurs Civils, qui se trouvent disséminés un peu partout à la surface de la terre, puissent avoir connaissance de cette discussion qui leur donnera peut-être le goût de faire des observations séismologiques sérieuses. Par leur association avec les géologues et les séismologues, ils pourront faire faire un grand pas à la science ; et si ce résultat est obtenu, ce sera à notre très sympathique confrère, M. de Longraire, qu'il faudra en reporter tout l'honneur.

M. DE LONGRAIRE, avant d'entrer en matière, demande à faire à son mémoire une rectification et deux additions.

La rectification concerne le degré géothermique de 41,40 *m* pour une profondeur de 1 587 *m*, atteinte dans les mines de Schemnitz en Hongrie. Ces chiffres sont tirés du *Traité de Géologie* de M. de Lapparent, qui les a extraits d'un journal anglais. En se reportant à ce journal, on voit qu'il s'agit de cinq puits, dont le plus profond n'a que 417 *m*.

La première addition se rapporte au tableau n° 5 du mémoire contenant les divers degrés géothermiques : un certain nombre de renseignements, utilisés pour le dresser, sont un peu anciens. Il convient, maintenant, de se servir des résultats donnés par une commission de l'Association britannique, spécialement chargée de cette étude depuis 1867 et qui, jusqu'en 1892, a publié dix-neuf rapports contenant des observations faites dans un grand nombre de pays. Il faut y joindre les rapports d'une autre commission de cette même Association sur la conductibilité des roches au point de vue géologique.

La seconde addition se rapporte à l'état actuel des études séismiques en Italie. Les informations de M. de Longraire s'arrêtaient en 1889. Vers cette époque, le service dit géodynamique a été réorganisé : le nom de M. de Rossi a disparu, mais les observatoires séismiques fonctionnent toujours et la publication des *Annales du Bureau central de Météorologie et de Géodynamique* montre que l'on continue à étudier la séismologie avec ardeur. Pour en donner une preuve, il a été exposé, dans la salle des séances, un ensemble de cinq cartes séismiques de l'Italie pour les années comprises entre 1887 et 1891 ; elles ont paru dans ces annales et ont été dressées par M. Mario Baratta, attaché au Bureau central ci-dessus indiqué.

M. de Longraire aborde ensuite l'examen de la lettre de M. Fouqué, qui se plaint, en premier lieu, du scepticisme scientifique qui lui a été attribué. Les appréciations sévères de M. Fouqué, extraites de son ouvrage sur les Tremblements de terre, sont rappelées afin de motiver l'opinion qui a été émise ; mais l'espérance qu'il exprime de voir s'améliorer avec le temps les résultats des théories doit être acceptée sans aucune difficulté.

M. de Longraire ne croit pas devoir examiner les diverses hypothèses énumérées dans ladite lettre, où il trouve précisément la justification de sa manière de voir, lorsque M. Fouqué y exprime l'avis que les nombreux problèmes d'ordre secondaire qui hérissent le problème général

de la cause et de l'origine des séismes sont les meilleurs points accessibles à l'observation et à l'expérience.

Les grondements souterrains ne sont pas restés inaperçus pour M. de Longraire, qui n'a jamais nié ces bruits eux-mêmes; il a seulement des doutes sur leur cause souterraine, car ils peuvent provenir, ou de l'ébranlement et de la ruine des constructions, ou bien de mouvements intérieurs dans les roches superficielles.

Quant aux méthodes pour déterminer la position des foyers séismiques, celle de Mallet semble abandonnée; de sérieuses objections sont légitimées, quant à celle de Seebach, par les expériences mêmes de MM. Fouqué et Michel Lévy, donnant des vitesses de vibrations souterraines variant de 1 à 10, selon les formations géologiques. De plus, le séisme de Diano-Marina n'a-t-il pas été rebelle à toute détermination de foyer?

M. de Lapparent, comme M. Fouqué et M. Bergeron, estiment que l'instabilité des terrains est une cause très faible ou même minuscule de mouvement. Il doit y avoir ici une confusion, entre les simples vibrations s'étendant sur des surfaces très considérables et beaucoup d'effets locaux autant que désastreux, considérés surtout par M. de Longraire, lesquels proviennent indubitablement de ce manque de stabilité.

M. Casalonga a posé une question fort juste en demandant si les désastres sont précédés ou suivis de secousses. La réponse sera donnée par l'observation directe, c'est-à-dire par les séismographes qu'on perfectionne sans cesse.

M. de Longraire aurait vivement désiré que la partie de son mémoire relative aux volcans fût plus étendue : le temps lui a manqué pour utiliser les matériaux qu'il avait réunis. Ses regrets se sont fort amoindris en entendant M. Bergeron exposer avec tant de compétence les connaissances les plus nouvelles qui se rapportent à des phénomènes aussi importants.

En résumé, M. de Longraire, après son examen des diverses théories, a pensé qu'on est en droit d'élever des doutes très fondés sur leur exactitude : il croit avoir raison en demandant qu'on s'occupe des causes locales des désastres et qu'on prenne des mesures comportant des opérations techniques spéciales, dans le but d'arriver, avec le temps, à des propositions utiles pour éviter de nouveaux malheurs dans les contrées les plus éprouvées.

M. G. Richard conclut de l'exposé, fait d'une façon si brillante par M. Bergeron, que l'on sait peu de chose sur l'état intérieur actuel de la terre; il demande si l'on ne peut pas établir des relations entre la constitution géologique du sol et les phénomènes de pesanteur dont les variations ont été récemment déterminées par M. le Commandant Desforges et sont encore actuellement étudiées d'une façon très méthodique.

M. J. Bergeron répond qu'on s'est, en effet, préoccupé de découvrir quelles peuvent être ces relations; en Russie notamment, au sud de Moscou, les phénomènes de pesanteur donnent lieu à des particularités très curieuses, qu'on a cherché à expliquer par l'allure des couches; mais rien ne justifie cette dernière hypothèse et, jusqu'ici, les conclusions qu'on avait cru pouvoir établir n'ont reçu aucune démonstration.

M. E. Dereknes signale une curieuse observation de M. Van den Broeck, le géologue belge bien connu, sur la corrélation entre les mouvements du sol et la constitution géologique.

M. le colonel Goulier avait étudié, comme l'a rappelé M. Bergeron, les changements de niveau du sol, survenus en France pendant vingt ou trente ans, et il avait tracé sur une carte les courbes d'égal affaissement, il avait déclaré ne voir aucune analogie entre ces courbes et le relief hypsométrique non plus qu'avec la constitution géologique.

Mais M. Van den Broeck ayant reporté sur la carte géologique de France à 1/1 000 000 les courbes de M. Goulier, par un travail purement graphique, exécuté en l'absence de toute théorie préconçue, a trouvé que la structure géologique correspondait exactement aux courbes et indiquait même tous leurs traits caractéristiques et leurs prétendues irrégularités (et cela sans exception, dit l'auteur).

Dans ces mouvements du sol, les grands massifs cristallins de la France se rapprocheraient, et c'est dans l'intervalle qui les sépare, occupé par les dépôts secondaires et tertiaires, que se seraient produits les affaissements.

M. J. Bergeron a entendu à la Société Géologique M. Van den Broeck exposer ses idées. Malheureusement l'auteur n'a remis aucun mémoire à cette Société et, par suite, M. Bergeron ne peut discuter la question.

M. G. Richard demande si des travaux analogues à ceux qu'a cités M. Bergeron sur les différences de composition chimique des laves de différents volcans ont été faits aussi sur les coulées successives d'un même volcan.

M. J. Bergeron expose les conclusions des travaux faits à ce sujet : pour un même centre éruptif, les différentes coulées ne sont pas constituées par les mêmes roches. Les plus anciennes sont les plus riches en silice ; elles deviennent de plus en plus basiques. Cela tient à un phénomène de liquation qui se produit dans la matière ignée.

M. E. Lippmann n'est pas partisan de la théorie de M. de Longraire, mais il fait observer que, pour combattre celle-ci, M. Bergeron a cru pouvoir dire, à tort selon lui, que les tremblements de terre n'étaient jamais accompagnés d'un affaissement du sol. Il n'y a qu'à citer à cet égard les failles avec leurs rejets souvent énormes ; ces accidents géologiques n'ont pu se produire sans tremblement de terre.

M. J. Bergeron dit que les failles se sont produites au moment où les montagnes se sont soulevées, à une époque plus agitée que la nôtre ; la terre passe actuellement par une période de repos et les bouleversements du sol y sont très faibles relativement à ce qu'ils ont été autrefois.

M. Auguste Moreau, malgré ce qui a été dit au cours de la discussion, reste persuadé de la valeur de la théorie aqueuse.

Si ingénieuse qu'elle soit, il n'admet pas la théorie qu'adopte M. Bergeron et qui repose sur l'hypothèse d'une couche de matière fluide, placée au-dessus d'un noyau solide, et au-dessous d'une croûte également solide. Il pense que si la terre est liquide, elle doit avoir en tous points une composition identique, sans cela il faudrait qu'il existât des cloisons

qui feraient de la masse fluide une sorte de mosaïque ou de niche dont les alvéoles ne pourraient résister aux énormes pressions développées.

M. J. Bergeron rappelle les faits qu'il a déjà cités à propos des laccolithes ou cavités renfermant une matière fondue qui n'est venue au jour que par des filons qui lui ont permis d'arriver à la surface du sol.

M. Auguste Moreau pense inutile de répéter ce qu'il a dit dans la dernière séance au sujet du rôle de l'eau dans les phénomènes volcaniques et sismiques; pour lui l'eau des océans, qui est à une température très basse, refroidit les terres voisines et exerce sur les fonds sous-marins des pressions considérables, atteignant jusqu'à mille atmosphères.

Il se produit, par suite, un travail de désagrégation considérable, caractérisé par des ruptures et des failles dans lesquelles se précipitent des masses d'eau qui se vaporisent instantanément ou produisent au contact des matières qu'elles rencontrent des phénomènes chimiques d'une intensité considérable; de ceux-ci peuvent résulter des phénomènes calorifiques et électriques ayant également une énergie énorme; l'ensemble de ces phénomènes est suffisant pour produire les volcans. Les tremblements de terre, eux, n'entraînent pas de modification dans le sol, parce que la puissance développée est relativement faible, l'action mécanique n'a pas l'énergie nécessaire pour entraîner au dehors les masses désagrégées.

Quant aux volcans éloignés de la mer, M. Moreau ne pense pas qu'il faille y voir une objection à la théorie aqueuse, car on peut admettre ou qu'il subsiste une communication souterraine avec la mer, même sur des centaines de kilomètres, ou que le sol est resté imprégné d'eau à de grandes profondeurs, après un long séjour de celle-ci, comme dans la Limagne.

M. J. Bergeron ne veut pas reprendre les divers arguments qu'il a donnés précédemment pour démontrer le mal fondé de la théorie aqueuse, il ne peut que répéter qu'il est impossible d'admettre qu'il y a des communications souterraines entre la mer et les régions centrales de l'Afrique et de l'Asie où existent des volcans en activité; d'un autre côté, les géologues modernes savent qu'en Auvergne les éruptions n'ont commencé qu'après que les eaux s'étaient retirées de la Limagne.

Au point de vue du bruit qui accompagne les tremblements de terre et qu'on a pensé pouvoir être confondu avec celui dû à l'écroulement des maisons, M. Bergeron dit qu'il est impossible de s'y tromper; pour sa part, il l'a entendu dans des endroits déserts, et toujours précédant les secousses; c'était comme le bruit d'une voiture.

M. P.-F. Chalon, qui a également assisté à un très grand nombre de tremblements de terre dans l'Amérique du Sud, a constaté que bien souvent on ne perçoit aucun bruit. Quand celui-ci est sensible, il est identique à celui d'une voiture roulant sur le pavé.

M. Chalon rappelle à propos de la théorie qu'il a exposée dans la dernière séance, qu'elle a été défendue par l'un des plus éminents électriciens du siècle, Gaston Planté, et il a pensé qu'elle était digne d'être exposée, du moins dans ses grandes lignes, devant la Société. Il ajoute

qu'elle a fait l'objet d'un très intéressant mémoire présenté, en 1885, par M. G. Dary.

Pour la réfuter, M. Bergeron a dit que, si elle était vraisemblable, on constaterait des orages séismiques analogues aux orages terrestres. M. Chalon considère cette réfutation comme insuffisante.

M. P. Regnard demande à revenir sur une question relative à la géothermique. Il serait assurément très intéressant de pousser plus loin qu'on ne l'a fait jusqu'ici les recherches sur l'accroissement de la température en raison de la profondeur.

Or, si les sondages profonds, partant de la surface, entraînent des dépenses considérables, dépenses qu'on pourrait estimer hors de proportion avec l'intérêt purement scientifique de la question, il n'en serait plus de même si on pratiquait un sondage de quelques centaines de mètres seulement, mais en partant du fond d'un puits de mine choisi parmi les plus profonds de ceux qui existent actuellement.

Les profondeurs de 1 800 ou 2 000 *m* pourraient ainsi être très facilement reconnues sans trop de grands frais, au grand profit de la science géothermique comme à celui de la géologie, et peut-être aussi avec profit pour la compagnie minière qui aurait pris l'initiative d'un travail aussi intéressant.

M. H. Couriot croit devoir rappeler qu'il n'existe pas d'exploitation de mines aux profondeurs de 1 500 *m* ou de 1 800 *m*; c'est en réalité par les procédés du sondage qu'ont été atteintes les plus grandes profondeurs. A cet égard, il convient de citer le plus grand sondage qui ait été fait jusqu'à ce jour, celui de Schladebach (cercle de Merseburg), en Allemagne, qui a été poussé, dans un but purement géognostique, jusqu'à 1 748,40 *m*, par la Direction royale des Mines de Prusse.

A partir de 1 200 *m* de profondeur, des observations thermométriques très précises ont été faites, en immobilisant la colonne d'eau qui remplissait le trou de sonde entre des tampons d'argile, et en laissant les thermomètres à maxima, descendus entre ces tampons, en place pendant quinze heures, afin que l'eau eut le temps de se mettre en équilibre de température avec les roches avoisinantes. On a constaté, dans ces conditions, que l'accroissement de température était de 1° pour 36,87 *m*.

M. Ch. Anthoni, à propos des systèmes de construction dont a parlé M. Bergeron comme étant appliqués au Japon, rappelle qu'il a, le premier, proposé, en 1886, l'emploi des fondations élastiques pour les habitations.

M. le Président croit cette discussion fort intéressante terminée pour le moment, tout au moins en ce qui concerne les séismes, M. de Longraire ne croyant pas l'avoir épuisée en ce qui touche les volcans, sur l'étude desquels il nous promet de revenir plus tard.

Quoi qu'il en soit, nous devons nous féliciter que cette discussion ait été soulevée dans le sein de notre Société. Elle aura contribué, en effet, à nous faire connaître les théories aussi variées qu'ingénieuses actuellement présentées, sur la valeur desquelles il n'est cependant pas possible de se prononcer d'une façon définitive.

Elle nous a prouvé aussi que notre profession elle-même pouvait fournir

d'utiles renseignements pour l'étude de ces phénomènes par les documents que beaucoup d'entre nous peuvent recueillir, et qui viendront aider à les faire connaitre et à les expliquer.

Comme l'a fort bien dit M. Bergeron, elle nous intéresse encore en appelant notre attention sur les précautions qu'il y aura lieu de prendre au point de vue des édifices que nous pourrions avoir à construire dans des contrées sujettes à soulèvements.

M. le Président remercie M. de Longraire de sa très intéressante et suggestive étude, et non moins vivement M. Bergeron dont la Société aurait plaisir à entendre plus souvent la voix dans cette enceinte.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. A.-C. Ansaldy, F.-C. Calvé, G. Despret, J.-H. Maunoury, J. Naëder, Antonio-Olyntho dos Santos Pires, G. Tartary, Ch. Tellier et Ch.-P. Zéringer comme membres sociétaires.

M. E.-A. Coutant est reçu comme membre sociétaire.

La séance est levée à 11 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 15 MARS 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux de nos Collègues :

M. C.-F. Mathieu, membre de la Société depuis 1854, fut pendant de longues années attaché aux usines du Creusot; entré dans ces établissements comme Ingénieur aux ateliers de constructions, il etait devenu Ingénieur en chef et Directeur de ces mêmes ateliers. M. Mathieu avait été député et ses importants travaux lui avaient valu la croix d'officier de la Légion d'honneur;

M. J.-A.-A. Vieillard, membre de la Société depuis 1867; il s'était fait une réputation très méritée dans l'industrie des faïences d'art; il était chevalier de la Légion d'honneur.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. H. Haguet a été nommé officier de l'Instruction publique et que, dans la séance annuelle du 11 décembre 1894, l'Académie de Me lecine a décerné à notre Collègue. M. H. Bunel, Architecte en chef de la Préfecture de police, une médaille d'argent pour son rapport sui l'hygiène des Écoles. La médaille

qu'a obtenue notre Collègue n'est généralement donnée qu'à des médecins et très rarement à des Ingénieurs et à des Architectes; elle n'en a donc que plus de valeur pour nous.

La Société des Ingénieurs Civils de France a reçu la médaille et le diplôme commémoratif de sa participation à l'Exposition de Chicago.

M. le Président de la Société a été invité à assister, le 25 mars, à l'inauguration du musée social qui a pour président M. Jules Siegfried, et pour vice-présidents MM. Charles Robert et Émile Cheysson; ces messieurs se sont fait les véritables apôtres de toutes les mesures et de toutes les œuvres destinées à l'amélioration du sort du plus grand nombre.

La Société des Mechanical Engineers de New-York nous a adressé une lettre nous informant que, dans sa réunion du 7 novembre dernier, elle a adopté la résolution suivante:

« La Société des Mechanical Engineers d'Amérique recommande, à ses membres ainsi qu'à toutes les personnes se servant de jauge, d'abandonner les systèmes arbitraires de jauge actuellement en usage et de n'employer pour les diamètres et épaisseurs que les jauges basées sur le système décimal. »

M. LE PRÉSIDENT pense que l'importance des recommandations formulées par les Ingénieurs américains n'échappera pas à l'attention de la Société; elle concorde justement avec une décision analogue prise tout dernièrement par le gouvernement ottoman, qui rend obligatoire à bref délai l'emploi du système-métrique dans tout l'empire.

C'est une gloire pour notre pays de voir adopter, quoique tardivement, ce système de mensuration si simple et si rationnel décrété et appliqué depuis plus de cent ans en France.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. J. Gaudry a adressé une lettre se rapportant à la *discussion sur les Séismes et Volcans*, qui a eu lieu récemment. Cette lettre sera déposée aux archives.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. V. Langlois, qui l'a demandée pour répondre brièvement à quelques observations qui lui ont été faites à la séance du 1er février.

M. V. LANGLOIS regrette de n'avoir pu, à la suite de sa communication sur les *Moteurs à gaz*, disposer de plus longs instants pour répondre aux objections que lui firent trois de nos Collègues. Quelques-unes de ces objections l'ont surpris, étant donné le but de sa communication. Le sujet qu'il a traité lui est très familier; il l'a étudié d'une façon consciencieuse, précise, en écartant toute idée de réclame, et certaines objections lui ont paru trop systématiques. Il lui semble que le but de sa communication a été mal compris et que l'on a trop cherché à l'en détourner.

M. V. Langlois a constaté, dans maintes occasions, que des commerçants, sollicités pour l'application dans leurs locaux de l'éclairage électrique, font toujours ressortir qu'ils ne veulent pas faire de frais, augmenter leurs dépenses d'éclairage. En un mot, pour beaucoup de personnes, l'éclairage électrique est un éclairage de luxe, et le but de la communication de M. Langlois était de faire ressortir qu'au contraire il

était possible d'avoir l'éclairage électrique dans des conditions plus économiques qu'avec le gaz utilisé directement. Il n'a fait que se baser sur des données pratiques que l'usage industriel a consacrées, et il ne voit rien à retrancher de tout ce qu'il a avancé.

M. E. de Marchena a fait observer que la durée moyenne de cinq heures d'éclairage n'était pas pratique; M. V. Langlois croit devoir affirmer que cette moyenne, qui est généralement admise, le serait *a fortiori* dans le cas de l'éclairage d'un îlot. Cette moyenne ne serait certainement pas applicable s'il s'agissait d'éclairer des particuliers partageant leur temps entre Paris, la campagne, la mer et les villes du Midi. Il estime que si les Compagnies gazières n'avaient que de tels clients, elles ne seraient pas prospères. Dans le cas de l'éclairage d'un îlot, c'est aux commerçants qu'il faut s'adresser et, dans ce cas, la moyenne de cinq heures est largement atteinte.

Quant à l'objection de M. Thareau, qui avançait que la consommation de 600 *l* ne devait s'appliquer qu'au cas où le moteur marcherait à pleine charge, il suffit de dire que c'est précisément le cas d'appliquer la pleine charge à un moteur à gaz en l'employant à l'éclairage. C'est même le cas le plus favorable. Il ne saurait donc venir à l'idée d'utiliser à l'éclairage d'un îlot un moteur d'une force supérieure à celle couramment utilisable. Quant à la consommation de 600 *l* qu'a admise M. V. Langlois, elle pourrait être réduite notablement, mais il a admis ce chiffre pour ne se faire le défenseur d'aucun système.

Enfin, à M. Cornuault, qui s'est fait le défenseur de l'éclairage au gaz, M. Langlois répond que s'il a adopté le bec papillon, c'est précisément pour démontrer combien grande est l'erreur des gens qui, ne voulant faire aucuns frais, consomment du gaz en pure perte, alors qu'il pourrait être mieux utilisé avec un moteur à gaz. M. Cornuault s'est efforcé de défendre un bec qui fait une réclame extraordinaire. Ce bec coûte cher; il n'est pas aussi économique que l'on veut bien le dire ; il est très délicat et son pouvoir éclairant diminue de jour en jour. M. V. Langlois ne se contente donc pas des renseignements donnés par les propagateurs de ce genre d'éclairage : il réclame des chiffres sincères, dépouillés de toute la réclame bruyante faite autour de ce bec. En terminant, M. Langlois, malgré ce qu'a pu dire M. Cornuault au sujet des Compagnies gazières, est persuadé que ces dernières ont eu tort de considérer l'électricité comme une rivale.

Il est impossible d'enrayer la marche en avant; des moteurs fonctionnant avec un gazogène *ad hoc* vont permettre incessamment de produire la lumière électrique à très bon marché, et alors il sera facile de se passer et du gaz d'éclairage et des Compagnies gazières.

M. E. Cornuault fait remarquer qu'il n'a pas vraiment à défendre les Compagnies de gaz de la prétendue hostilité que leur reproche M. Langlois, contre les moteurs à gaz.

Ces moteurs, gros consommateurs de gaz, ont, au contraire, l'affection aussi sincère qu'intéressée des Compagnies. Mais la question est autre : il s'agit de la comparaison faite par M. Langlois, qui a cru démontrer que l'emploi du gaz par les moteurs à gaz était plus favorable que l em-

ploi direct du gaz. Or, c'est là ce qui est inexact, même avec la consommation de 600 litres dont a parlé M. Langlois, laquelle n'est applicable, comme l'a fort bien dit M. Thareau, qu'au cas du moteur en pleine charge, et, par conséquent, ne peut pas être une moyenne; il est du devoir des vendeurs de gaz, voire même des vendeurs de moteurs à gaz, de le déclarer loyalement, et de ne pas promettre plus qu'ils ne peuvent donner; et, en effet, avec la force d'un cheval, produite en pleine charge, par 600 litres de gaz consommés dans le moteur, on sait qu'on obtiendra de 500 à 550 watts environ (et beaucoup moins encore avec accumulateurs interposés), soit 13 à 15 carcels, à raison de 35 à 40 watts par carcel; on aura donc la carcel pour 40 à 50 litres de gaz, alors que les becs à incandescence à gaz la donnent directement pour 18 à 20 litres; comment peut-on donc chercher à démontrer que la lumière produite par un bec consommant 20 litres par carcel est moins économique que celle produite par un appareil qui en consomme 50 litres, et cela sans compter les frais d'eau, d'huile, etc., etc.? Si donc le moteur à gaz peut être à bon droit présenté comme un moyen pratique de produire de l'éclairage électrique, lorsqu'on tient absolument à cette lumière de luxe, à cause de ses qualités spéciales, du moins ne faut-il pas le présenter comme donnant plus économiquement la lumière que le gaz employé directement dans un bec à incandescence.

La consommation de 18 à 20 litres par carcel n'est pas, d'ailleurs, discutable, elle est de notoriété publique et on la trouverait parfaitement constatée dans les rapports officiels de M. Lemoine, vérificateur en chef de la Ville de Paris. Aux attaques faites contre eux, les becs à incandescence répondent, d'ailleurs, par des chiffres; introduits à Paris, pratiquement, au milieu de 1892, ils sont au nombre de 250 000 environ aujourd'hui dans la capitale. Les becs papillon existent bien encore, assurément, notamment sur la voie publique; ils consomment beaucoup plus de gaz par carcel, ce qui devrait être agréable aux vendeurs de gaz, avec les errements qu'on leur prête, un peu gratuitement; mais ce n'est pas ainsi que les Compagnies comprennent le progrès; elles se sentent, d'ailleurs, mieux armées contre les concurrences des éclairages rivaux, en fournissant à leurs clients des outils économiques consommant 20 litres, au lieu de 120 litres, par carcel; c'est là un progrès qui vaut la peine de ne pas être passé sous silence, même dans les calculs de comparaison.

M. R.-L. Yvon demande à présenter quelques arguments qui, émanant pour la plupart de sources autorisées, lui paraissent devoir être appelés à affermir et à confirmer les conclusions de M. Langlois en faveur de l'application du moteur à gaz à l'éclairage, application qui est la plus heureuse au point de vue économique; car, comme l'a indiqué M. Aimé Witz : « Malgré l'emploi de deux intermédiaires, moteur et dynamo, le rendement de cet ensemble complexe est encore fort supérieur à celui des brûleurs à gaz; le résultat est paradoxal, mais rigoureusement vrai. »

M. R. Yvon examine successivement les consommations et les prix de revient des différents becs d'éclairage par le gaz, et, sans entrer dans les chiffres relatifs aux frais d'entretien, fait remarquer qu'ils doivent être

considérables pour les becs Auer dont les manchons ont une durée normale de 1 000 à 1 500 heures, mais sont souvent brisés accidentellement avant d'atteindre ce délai.

M. Yvon, dans le calcul du prix de revient de la carcel-heure par moteur à gaz, admet, comme base, une consommation de 500 litres par cheval-heure qui, d'après des essais officiels, peut être facilement réalisée.

Avec 500 *l* de gaz par cheval-heure et en supposant pour la dynamo un rendement de 85 0/0, on obtiendrait une énergie disponible de 625 watts.

En admettant même que ce chiffre soit exagéré et en prenant celui de 550 généralement adopté (correspondant à un rendement de 76 0/0 environ), ces 550 watts représenteraient par incandescence, en se basant sur le chiffre généralement adopté de 3,5 watts par bougie, environ 160 bougies donnant ainsi 16 carcels.

Par l'arc voltaïque ces 550 watts représenteraient au moins 125 carcels.

Dans le premier cas, incandescence, on aurait ainsi généré la carcel avec environ 31 *l* de gaz, soit avec une dépense de 0,0093 *f*.

Dans le second arc voltaïque, on arrive au chiffre invraisemblable de 4 *l* de gaz, soit une dépense de 0,0012 *f*.

En résumé, on a comme prix de revient de la carcel-heure, en ne considérant que la dépense de gaz :

Bec papillon		0,054 *f*
Lampes intensives		0,018
Bec Auer		0,013
Éclairage par moteur	Incandescence . . .	0,009
	Arc voltaïque . . .	0,001

M. Yvon estime qu'en ajoutant à ces deux derniers chiffres, qui présentent avec les trois premiers, un écart considérable, une valeur raisonnable pour les diverses dépenses accessoires, on resterait encore bien au-dessous de celui qu'atteindrait le mode d'éclairage au gaz le plus économique, soit le bec Auer, si on y ajoutait le prix des manchons remplacés, bien autrement coûteux que les lampes à incandescence actuelles.

Sans s'étendre sur les nombreuses applications qui ont été déjà faites soit dans des installations privées, soit dans d'autres plus importantes auxquelles quelques Compagnies gazières doivent leur évolution, M. Yvon cite en Allemagne, où le mouvement a débuté, les stations de Prague (150 *ch*) et de Dessau (158 *ch*); en Angleterre, celle de Leicester; en France, celles de Toulon (200 *ch*), de Reims (300 *ch*), du port de la Pallice (50 *ch*); enfin, celles des villes suivantes : Agen, Bordeaux, Dieppe, Dunkerque, Foix, Marseille, Montpellier, Saint-Nazaire, Valence, Calais, Trouville, Verdun, etc.

D'autre part, en novembre 1893, il y avait en France 255 stations en service (celles de Paris non comprises) et 68 en préparation; sur ce nombre :

139 moteurs hydrauliques;
100 moteurs à vapeur;
16 moteurs à gaz.

M. Yvon pense que l'éclairage au gaz est aujourd'hui suranné et doit céder le pas à l'éclairage électrique ; mais que, loin de se traiter en rivales et de persévérer dans une lutte où ni les unes ni les autres ne doivent succomber, les Compagnies gazières et les Compagnies d'électricité devraient trouver dans cette application commune un terrain d'entente.

M. Yvon regarde les facilités accordées par les Compagnies gazières pour favoriser l'emploi des moteurs à gaz, comme bien mesquines ; exception faite pour quelques Compagnies qui, spontanément dans certaines villes, ont abaissé à 0,20 *f*, quelquefois même au-dessous, le prix du gaz appliqué à la force motrice ; néanmoins, ce prix est encore élevé. Il estime, en particulier, que la Compagnie Parisienne du Gaz ne donne comme avantage qu'un dégrèvement qui révient à ramener le gaz à 0,15 *f* pendant les deux premières années de l'installation ; tout avantage cesse, passé ce délai. Il signale, de plus, les anomalies que parait présenter la réglementation de ces primes, notamment dans le cas d'achat de moteurs d'occasion.

Il croit, malgré ce qu'en pense M. de Marchena, qu'en établissant une moyenne des différents chiffres d'éclairage, celui de cinq heures que M. Langlois présente comme base serait bien dépassé, et il cite à cet égard des chiffres réunis par M. Aimé Witz dans son *Traité théorique et pratique des moteurs à gaz* (3e édition), et qui donnent une moyenne journalière de 5,7, pour la ville de Lille ; à Paris, la moyenne serait forcément plus élevée.

Relativement à la seconde objection de M. de Marchena, M. Yvon dit que si les Compagnies électriques ne sont pas plus prospères, ce n'est pas parce qu'elles ne peuvent pas compter sur un éclairage de cinq heures, mais qu'il faut attribuer leur situation aux dépenses considérables qu'exige le mode de production du courant par machine à vapeur et surtout le mode de distribution du courant, qui, desservant de grands secteurs, nécessite des capitaux énormes (câbles, galeries, etc.), que la durée réduite des monopoles oblige à amortir dans un temps très court. Tel ne serait pas le cas si ces Compagnies avaient adopté le mode plus économique et surtout plus rationnel de l'éclairage par îlot.

M. Yvon dit que l'objection faite par M. Thareau au sujet de la consommation de 600 *l* par cheval-heure ne saurait être admise, l'application du moteur à gaz à la commande d'une dynamo constituant, avec l'application à la commande des pompes, les deux seuls cas où le moteur travaille sous sa pleine charge, c'est-à-dire dans les conditions les plus favorables au point de vue de l'économie.

Il s'attache ensuite à prouver que pour des moteurs d'une certaine importance le chiffre de 500 *l* par cheval-heure est parfaitement établi et cite à cet égard une série d'essais faits par M. Aimé Witz et d'autres Ingénieurs, où la consommation par cheval effectif est constamment restée inférieure à 500 *l*.

Il existe encore une solution plus satisfaisante quand la puissance à développer atteint 100 *ch* ; ce sont les moteurs à gaz pauvres. La question est plus avancée que quelques sceptiques pourraient le croire, ainsi qu'en témoignent deux importantes installations exécutées récemment en An-

gleterre avec les moteurs Crossley : celle de la gare de Leicester citée plus haut (256 *ch*) et celle de la tour de Blackpool (500 *ch*).

M. Yvon se propose de revenir sur cette question, et de la traiter prochainement avec tout le développement qu'elle comporte.

M. P.-A. Mallet, sans vouloir rentrer dans la discussion, ni suivre MM. Langlois et Yvon dans leurs appréciations sur les mérites respectifs de l'électricité et du gaz, tient à discuter des assertions qui lui semblent des erreurs de fait et statistique.

Ces erreurs portent :

1° Sur la durée moyenne de l'éclairage ;
2° Sur la consommation des becs de gaz par unité de lumière ;
3° Sur le coût des manchons à incandescence ;
4° Sur la consommation des moteurs à gaz.

1° L'évaluation de la durée moyenne de l'éclairage n'est affaire ni de science ni d'expérimentation : c'est une question de statistique. Aussi, en pareille matière, ne peut-on tenir compte uniquement de l'opinion de M. Witz, si importante qu'elle soit en d'autres cas ; il faut s'en référer aux comptabilités des entreprises d'éclairage. Or, celles des Compagnies de gaz établissent que le nombre d'heures pendant lequel les becs d'une localité sont moyennement allumés, est très notablement inférieur à mille par an. En fait d'électricité, ce nombre est probablement encore inférieur parce que l'éclairage électrique a pénétré dans les intérieurs bourgeois, qui sont de mauvais consommateurs.

2° En ce qui concerne la consommation des becs de gaz par unité de lumière, M. Yvon, dans sa communication étudiée, a, malgré les rectifications de M. Cornuault, fixé à 140 *l* le débit d'un bec papillon donnant l'intensité d'une carcel ; or ce débit est de 127 *l* avec du gaz au titre réglementaire de la ville de Paris ; de plus, il y a lieu de remarquer qu'un bec papillon, à cause même de sa simplicité, est toujours en bon état, à moins qu'il ne soit cassé. Il n'en est pas toujours de même avec une lampe à incandescence électrique ; d'ailleurs, pourquoi prendre uniquement pour point de comparaison un bec démodé, actuellement remplacé ou remplaçable par des becs beaucoup plus économiques ?

3° Quant au coût des manchons à incandescence, il sera d'eux comme des lampes électriques à incandescence, leur prix ira en s'abaissant considérablement. Quelque élevé qu'il soit maintenant, il n'entre pas pour plus de 0,001 *f* dans le prix de revient de la carcel-heure, intérêt et amortissement compris.

4° Enfin, relativement à la consommation des moteurs à gaz par force de cheval et par heure, M. Mallet se garde bien de discuter les chiffres indiqués par M. Witz dans ses expériences, mais la consommation d'un moteur à gaz en essai est sensiblement différente de sa consommation *pratique*. La preuve en est que les constructeurs de moteurs à gaz les plus perfectionnés ne garantissent jamais des consommations industrielles inférieures à 600 *l*.

Quelle que soit d'ailleurs cette consommation, il est impossible de laisser passer l'assertion émise par M. Langlois que, dans une installation électrique bien faite, les moteurs travailleront continuellement à

pleine charge ; comme le nombre des lampes en service varie continuellement, il suffit de rappeler les termes de cette assertion pour en faire ressortir toute la témérité.

M. Pagniez confirme les observations de M. Mallet au sujet de la durée de l'éclairage et dit qu'un grand nombre de cahiers des charges, pour des villes de province éclairées au gaz, portent un chiffre de 1 800 heures par bec public, lequel n'est atteint qu'en laissant brûler toute la nuit un certain nombre de lanternes.

Il est donc bien évident que la durée moyenne d'un groupe d'éclairage particulier, quel qu'il soit, ne peut atteindre ce chiffre de 1 800 heures par foyer lumineux et par an.

M. Pagniez confirme en outre le chiffre de deux watts par bougie indiqué par M. Haubtmann pour la consommation d'une lampe à incandescence quelconque, mais il explique que cette faible consommation n'est obtenue qu'en sacrifiant l'existence des lampes. D'où il résulte que, suivant le prix de la lampe d'une part et le prix du kilowatt-heure d'autre part, il existe un régime économique de consommation facilement déterminable par le consommateur qui peut ainsi en faire l'application pour chaque cas particulier.

M. Ch. Haubtmann dit que le chiffre de 1 000 heures pris comme moyenne d'éclairage d'une lampe à Paris, est absolument inacceptable. C'est à peine 600 heures qu'il faut compter, si on s'en rapporte aux chiffres constatés sur les secteurs électriques parisiens. En effet, le secteur le plus chargé arrive à une moyenne de 800 heures, tandis qu'il en est d'autres qui n'atteignent pas 3 à 400 heures.

La moyenne des heures d'éclairage de Londres est aussi dans les environs de 600, et Berlin ne dépasse pas non plus ces chiffres. M. Ch. Haubtmann peut d'autant plus les affirmer qu'ayant eu, il y a quelques années, à étudier un secteur parisien, il a eu en mains tous les éléments nécessaires pour déterminer exactement la durée moyenne de l'éclairage.

M. E. Delachanal a la parole pour faire une communication sur *Les Grues électriques du port du Havre.*

M. Delachanal dit que les Chambres de Commerce maritimes, en dehors des fonctions consultatives que la loi leur confère, ainsi qu'aux autres institutions similaires, ont à s'occuper de toutes les questions relatives à l'agrandissement des ports et à leur amélioration :

Soit en apportant un concours financier, pour l'exécution des grands travaux et pour subventionner les institutions locales insuffisamment dotées ;

Soit en gérant directement certains services publics, avec l'autorisation et sous le contrôle de l'État.

Tels sont organisés au Havre les services :

Du sauvetage ;
Des signaux sémaphoriques ;
De l'outillage ;

et, dans certains ports, ceux du remorquage, du magasinage, etc.

Les services gérés par les Chambres de Commerce sont d'utilité publique, ne constituent pas un monopole et ont leurs ressources particulières qui doivent leur suffire.

Jusqu'en 1885, l'outillage du port avait été laissé presque entièrement à l'initiative privée et s'était peu développé. A cette époque, l'achèvement des nouveaux bassins nécessita la création d'installations perfectionnées, dont la Chambre de Commerce accepta la charge. Depuis, elle a cherché à faire profiter les anciens bassins des mêmes avantages que les nouveaux, autant que les circonstances le permettaient.

De leur côté, les Docks-Entrepôts ont disposé dans la partie du port qui leur est concédée, des engins appropriés à leur trafic.

L'ensemble de toutes ces installations constitue un outillage moderne perfectionné et complet, en état de rivaliser avec celui des autres ports.

Les nouveaux travaux d'agrandissement du port, récemment votés, permettront d'adjoindre des appareils plus puissants et plus en rapport avec les exigences nouvelles de la navigation.

La partie de l'outillage exploitée par la Chambre de Commerce comprend :

19 hangars clos, d'une superficie de 63 080 m^2, présentant un développement de 2 134 *m*, ayant coûté 2 550 000 *f*, et 50 engins de levage ayant coûté 1 300 000 *f*.

Ces engins sont ainsi répartis :

Sur les nouveaux quais des deux darses du bassin Bellot :

2 grues roulantes hydrauliques de 1 500 à 3 000 *kg*.
28 grues roulantes hydrauliques de 750 à 1 250 *kg*.
2 treuils mobiles hydrauliques à double effet de 200 *kg*.
2 treuils mobiles hydrauliques de 1 000 *kg*.

Sur le quai Colbert (bassin Vauban) affecté aux déchargements de charbon :

5 grues roulantes à vapeur de 1 500 *kg*.
1 grue roulante électrique de 1 500 *kg*.
3 grues roulantes électriques (en montage) de 1 500 *kg*.

Pour l'ensemble des bassins :

1 grue flottante et pivotante à vapeur de 10 000 *kg*;

et, plus spécialement pour les quais trop étroits pour que l'on puisse y installer des grues roulantes :

6 grues flottantes à vapeur de 1 250 *kg*.

Ces engins sont placés entre bord et quai, pour opérer les déchargements, ou entre deux navires, pour les transbordements.

Le budget annuel du service de l'outillage dépasse 500 000 *f* et les recettes permettent de couvrir les dépenses, intérêts et amortissements compris, sans qu'il y ait lieu de recourir à une taxe spéciale frappant tous les navires entrant dans le port.

L'outillage est facultatif, et ceux qui en font usage ont seuls à en supporter la charge.

En présence de certains inconvénients que produisent les engins à vapeur ou hydrauliques, la Chambre de Commerce a voulu se rendre compte des avantages qu'elle pourrait trouver à les remplacer par des

engins mus par l'électricité. Ce nouveau mode de transmission de force a bien été appliqué depuis longtemps aux ponts roulants et autres appareils de levage, mais le fonctionnement de ces engins différant totalement de celui des grues de quais maritimes, on ne pouvait tirer aucune indication utile de ce qui avait été fait.

Les premières applications de l'électricité dans les ports étrangers avaient donné des résultats défavorables et les plus récentes présentaient le grave inconvénient de donner aux engins une grande brusquerie de mouvements.

On était donc en présence d'une question ancienne qui nécessitait une étude nouvelle de la solution mécanique, et dont il s'agissait d'établir les données au point de vue économique; données qui font encore totalement défaut, car, si les essais ont fourni des indications pour la construction et l'installation des moteurs, ils n'ont pas duré assez longtemps pour permettre d'évaluer les dépenses d'entretien et d'exploitation.

Les engins de levage dont on dispose actuellement dans les ports ont bien quelques inconvénients, mais il serait inutile de les remplacer par d'autres, nouveaux ou seulement modifiés, qui présenteraient bien aussi quelques inconvénients, si cette substitution n'était pas justifiée par un fonctionnement plus parfait ou par une exploitation plus commode et moins coûteuse.

Il fallait donc se rendre un compte exact des avantages mécaniques et économiques que présenterait l'application de l'énergie électrique aux grues de quais maritimes.

C'est dans ce but que des essais ont été faits sur l'une des quatre grues à vapeur en construction, pour compléter l'outillage du quai Colbert.

Ce type de grues, du système de MM. Caillard frères, du Havre, avait l'avantage de se prêter facilement à l'application d'un moteur électrique.

De plus, le voisinage de l'importante usine de la Société de l'Énergie électrique permettait d'obtenir le courant nécessaire aux essais sans avoir à établir une génératrice et un moteur spéciaux.

Le courant disponible est continu sous une tension de 500 volts environ.

Une première série d'essais comparatifs fut faite sur des dynamos, de systèmes différents, proposés par quatre constructeurs de matériel électrique.

Ces essais avaient pour but non seulement de déterminer quel était le meilleur des systèmes proposés, mais surtout de fixer les conditions définitives d'un programme à dresser pour un concours au deuxième degré auquel devaient prendre part les quatre constructeurs ayant participé aux premiers essais.

Ce programme devait fixer les conditions d'exécution d'un moteur spécialement établi en vue des exigences du problème à l'étude.

Ce sont les essais définitifs faits sur ce moteur ainsi que sa mise en service régulier qui permettront de se rendre compte, avec exactitude, des avantages de l'électricité.

Trois des projets comportaient des dynamos dont la vitesse, supérieure à 320 tours par minute, était trop grande pour qu'il soit possible de les

atteler directement sur l'arbre 1er moteur de la grue. Pour les essayer, il fallait donc disposer des engrenages intermédiaires réduisant la vitesse.

Ces engrenages, indispensables aussi pour les premiers essais faits avec des dynamos de type courant, c'est-à-dire rapides, présentaient l'inconvénient de diminuer le rendement mécanique. Il y avait donc intérêt à réduire la vitesse de la dynamo à 300 ou 320 tours pour que son axe placé dans le prolongement de l'arbre 1er moteur puisse agir directement sur lui.

La réduction de la vitesse du moteur offrait encore d'autres avantages importants en facilitant et adoucissant la manœuvre de l'engin.

Dans le quatrième projet, MM. Hillairet-Huguet proposèrent, pour répondre au programme, un moteur spécial dont la vitesse était réduite à 320 tours et qui devait actionner l'arbre 1er moteur de la grue par l'intermédiaire d'un manchon d'accouplement élastique.

Cette dynamo lente paraissait présenter les meilleures dispositions. Elle fut adoptée et soumise à des essais qui ont donné toute satisfaction et à la suite desquels la grue a été mise en service courant, pour le déchargement des navires.

En présence des résultats favorables obtenus jusqu'ici, il a été décidé que les trois autres grues en montage sur le même quai seraient armées de moteurs électriques. De telle sorte que l'on aura, sur le même quai, pour faire le même service, 9 grues, dont 5 à vapeur et 4 électriques.

La comparaison des deux systèmes sera alors complète et définitive.

Les essais faits jusqu'ici ont fourni d'utiles indications et montré que, mécaniquement et économiquement, la substitution était probablement avantageuse. L'exploitation faite, en parallèle, permettra seule de juger en dernier ressort, en fournissant des indications sur la durée des appareils et sur les dépenses d'entretien et d'exploitation, et surtout en permettant de contrôler si, comme tout porte à le croire, les nouveaux engins sont d'une mise en service plus rapide et d'une régularité de fonctionnement plus certaine que les anciens.

Une note qui paraîtra au *Bulletin* donnera la description des appareils et des dynamos essayés, ainsi que tous les renseignements numériques recueillis.

Cette note indiquera les considérations qui ont conduit à adopter les dynamos montées en série et les dispositions mécaniques et électriques indispensables pour obtenir un bon fonctionnement et un bon rendement, tout en évitant les accidents qui résulteraient des efforts très considérables que les moteurs choisis peuvent développer dans certaines circonstances.

L'influence des variations de régime du courant et de la vitesse a été constatée avec soin en vue de réduire la dépense d'énergie au minimum possible.

M. Delachanal, après avoir indiqué les avantages et les inconvénients que pourra présenter l'emploi de l'électricité, évalue les dépenses d'exploitation des engins à vapeur pendant l'exercice 1894 et les compare avec celles présumées des grues électriques ; tous ces chiffres seront indiqués dans la note.

M. Pagniez fait observer que la simplicité des manœuvres et la sécurité du fonctionnement sont choses capitales à observer dans la conception et l'établissement d'une grue de quai maritime.

Le rendement mécanique, sur lequel insiste longuement M. Delachanal, apparaît à M. Pagniez comme tout à fait secondaire, pour ne pas dire plus.

M. Pagniez cite une grue électrique de quai qui élève une benne contenant 1 500 *kg* de houille à 10 *m* de hauteur toutes les trois minutes, accrochage, décrochage et giration compris.

Cette grue, travaillant dix heures par jour, élève donc 200 bennes, soit 300 000 *kg* de houille, que peut contenir une grande péniche, à 10 *m* de hauteur, effectuant ainsi un travail utile total de 3 millions de kilogrammètres.

Le cheval-heure équivalant à 270 000 *kgm* pour une consommation inférieure à 1 *kg* de houille, $\frac{3\,000\,000}{270\,000} = 11{,}1\ kg$ de houille consommée (en nombre rond 12 *kg*) pour produire en dix heures, avec un rendement égal à l'unité, le travail requis de 3 millions de kilogrammètres.

A 15 *f* la tonne rendue, la dépense de houille serait de $\frac{12 \times 15}{1\,000} = 0{,}18 f.$

Pour un rendement de 50 0/0, cette dépense serait de 0,36 *f* par journée de grue et de 0,72 *f* avec 25 0/0 de rendement.

Veut-on supposer l'impossible avec 10 0/0 de rendement ; la dépense en houille par journée de grue ne serait encore que de 1,80 *f*.

Ces chiffres établissent nettement que la préoccupation du rendement en matériel d'appareils de levage quelconques est une erreur.

M. Delachanal insiste sur ce que, pour avoir la vitesse de manœuvre nécessaire, il faut pratiquement pouvoir faire une opération toutes les 40 ou 45 secondes. Le moteur doit être assez puissant pour lever une charge de 1 500 *kg* avec une vitesse de 0,70 *m* ; ce qui, en marche courante, correspond à un moteur d'une force de 20 *ch*.

La mise en mouvement de la charge doit se faire très rapidement; aussi, au démarrage, le moteur doit fournir une puissance encore plus considérable, soit environ 30 *ch*.

Ces chiffres concordent avec les constatations faites pendant le fonctionnement. Elles indiquent, en effet, qu'en marche courante, la dynamo dépense environ 30 ampères sous une tension de 500 volts.

Au moment des démarrages, suivant la rapidité de manœuvre du rhéostat, l'intensité du courant s'élève à 50 ou 60 ampères, pendant une durée de 1 à 2 secondes.

C'est précisément cette rapidité de manœuvre et la puissance qu'elle nécessite qui constituent la caractéristique des grues de quai et qui ne permettent pas de les assimiler ni de les comparer aux autres engins de levage d'une force bien plus grande, mais d'une faible vitesse.

En tout cas, ces chiffres montrent qu'il ne faut pas trop négliger les questions d'utilisation de la force motrice et que la dépense correspondante n'est pas une quantité négligeable, même pour un grand port.

Elle est d'autant moins négligeable qu'elle se répète sur beaucoup

d'engins et que l'exploitation de l'outillage a un budget spécial qui doit s'équilibrer, sous peine d'apporter une nouvelle charge à la navigation.

M. le Président remercie M. Delachanal de sa communication qui, par le développement qu'il lui a donné, présente le caractère d'une étude pratique des qualités que doivent posséder les appareils de levage dans les ports maritimes et des conditions dans lesquelles ils sont appelés à fonctionner.

Les documents numériques qu'il a réunis dans la note qui sera insérée au *Bulletin* permettront à beaucoup d'entre nous d'en faire des applications utiles dans des cas analogues.

M. le Président donne la parole à M. le Capitaine Charollois, pour la présentation *d'appareils téléphoniques imaginés par lui et applicables à la téléphonie militaire.*

M. Ph.-E. Charollois rappelle qu'en séance du 19 mai 1893, M. Ch. Haubtmann fit une communication sur diverses expériences de téléphonie militaire par fil unique non isolé avec retour par la terre, faites aux manœuvres de l'est par le Capitaine Charollois, chargé par le Ministre de la Guerre d'appliquer son système, d'une manière pratique, aux opérations de campagne.

M. Charollois lit le rapport concernant les expériences exécutées selon le programme qui lui avait été imposé. Toutes ces expériences donnèrent les résultats annoncés. Elles furent répétées depuis par l'Administration centrale de la Guerre, dans les corps d'armée, divisions, brigades et régiments, et donnèrent la certitude à tous que le seul moyen pratique des communications téléphoniques en campagne réside dans l'emploi du fil nu comme conducteur.

M. Ch. Haubtmann dit qu'il peut témoigner de l'exactitude de ces résultats d'expérience qu'il a contrôlés lui-même en les répétant; mais il émet l'opinion que la théorie scientifique de cette nouvelle application de l'électricité ne peut, pour le moment, être établie sérieusement en raison du manque de données sur l'intensité et la tension des courants émanant des récepteurs magnétiques introduits dans le circuit formé par le fil nu reposant sur le sol et le sol lui-même.

M. Charollois donne ensuite lecture d'un rapport de l'officier directeur du corps des signaux à l'armée des États-Unis, relatant les expériences nombreuses qu'il fit lui-même par les procédés du Capitaine Charollois. Ces expériences, faites par tous les temps et dans toutes les conditions de campagne, donnèrent des résultats concluants et déterminèrent l'adoption de la téléphonie par fil nu à l'armée des États-Unis.

Lecture est faite ensuite d'un article de l'*Allgemeine militär Zeitung* de septembre dernier relatant la mise en communication téléphonique de Berlin et Potsdam par des patrouilles de cavalerie. Les détails de construction de la ligne par fil nu et les moyens employés sont copiés littéralement sur l'instruction établie par le Capitaine Charollois, qui revendique cette invention comme étant sienne et non allemande.

M. Charollois présente ensuite à la Société divers types de ses appareils de téléphonie militaire magnétiques, récepteurs transmetteurs et

appels par magnétos et sonneries polarisées actionnées toujours par fil unique non isolé et retour par la terre ; divers appareils à communications multiples, bobines dérouleuses avec fil nu bimétallique, accessoires de téléphonie militaire, etc.

Il présente ensuite un appareil microphonique dont il donne l'audition dans la salle des séances. Le transmetteur étant placé sur la table, la conversation est faite à distance de 25 *m* et les réponses transmises par les récepteurs sont entendues par tous les auditeurs présents dans la salle.

Le constructeur explique que ces résultats sont dus à la précision de ses récepteurs, à leur réglage micrométrique et à la matière sonore dont ils sont composés. Il les attribue aussi à l'excessive sensibilité de son transmetteur microphonique dont les dispositions sont toutes nouvelles.

M. Charollois, en présentant ses appareils, fait remarquer leur mode entièrement nouveau de construction, obtenu par moulage dans des formes d'acier, où il noie dans la matière plastique et isolante toutes les connexions. Ce mode de fabrication assure d'une façon complète la sécurité des prises de courant et des contacts scellés irrévocablement dans la substance qui acquiert, après moulage, la dureté et le poli du marbre.

M. LE PRÉSIDENT dit que M. le Capitaine Charollois vient de présenter à la Société des procédés de communication téléphonique de son invention bien faits pour étonner par leur simplicité et les résultats remarquables qu'ils permettent d'obtenir.

Ses ingénieuses combinaisons lui permettent de fabriquer des appareils de transmission très satisfaisants qui, il faut l'espérer, pourront recevoir leur application aussi bien dans le service des armées en campagne que dans les usages courants.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. le Capitaine Charollois et le félicite en même temps de ces résultats si intéressants dus à sa persévérance.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. M. Appert, E. Carrot, A. Guignard, L. Hannoyer, L. Raynaud, M. Rousseaux et V. Vée comme membres sociétaires, et de :

M. M. Satre comme membre associé.

MM. A. Ansaldy, F. Calvé, G. Despret, J.-H.-M. Maunoury, I. Naëder, Antonio Olyntho dos Santos Pires, G. Tartary, A.-O.-Ch. Tellier et Ch. Zéringer sont reçus comme membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

CONGRÈS

DU

GÉNIE MARITIME A CHICAGO

PAR

M. L. de CHASSELOUP-LAUBAT

AVANT-PROPOS

Le congrès du génie maritime fut certainement le plus intéressant des congrès du génie civil. Les mémoires lus à ce congrès ne sont peut-être pas, au point de vue technique, très supérieurs à ceux qui furent communiqués aux autres congrès du génie civil; mais l'ensemble des travaux est fort remarquable parce qu'il montre combien les Américains s'intéressent aujourd'hui à leur marine marchande et à leur marine de guerre. C'est là un fait extrêmement important et dont les conséquences se feront sentir bientôt en Europe; les États-Unis ont une telle abondance de richesse, d'énergie et d'activité que tout indice d'un rayonnement de leur nationalité doit être étudie avec le plus grand soin; comme ce rayonnement s'effectuera principalement par l'intermédiaire des bâtiments de guerre et de commerce naviguant sous le pavillon étoilé, l'essor nouveau des constructions navales dans les chantiers privés et les arsenaux des États-Unis mérite par conséquent une extrême attention.

Il y a deux ans, dans le rapport publié dans le bulletin d'octobre 1892 de la Société des Ingénieurs Civils de France, j'avais cru utile de signaler cette impulsion nouvelle donnée aux constructions navales en Amérique. Depuis cette époque, ce que j'ai vu et entendu aux États-Unis n'a fait que confirmer mon opinion; les visites de chantiers de construction, et les mémoires lus au congrès du génie maritime m'ont prouvé que, malgré la violente crise industrielle, commerciale et financière que traversent actuellement les États-Unis, la nation américaine n'a pas renoncé à créer une grande marine marchande et une puissante flotte de combat.

Il y a quarante ans, le tonnage des bâtiments de commerce des États-Unis s'élevait à 3 500 000 *t*, tandis que le tonnage des navires marchands anglais était de 4 500 000 *t*. Depuis lors, la situation s'est profondément modifiée ; tandis que le développement de l'industrie métallurgique anglaise favorisait le prodigieux développement de la flotte de commerce du Royaume-Uni, les corsaires sudistes, armés et équipés, avec la protection à peine déguisée de l'Angleterre ruinaient la marine marchande américaine pendant la longue et terrible guerre civile du Nord contre le Sud.

Après la victoire de l'Union, les abolitionnistes, exaspérés par les ravages du corsaire l'*Alabama*, construit en Angleterre, faillirent déclarer la guerre à la Grande-Bretagne et envahir le Canada ; mais les Anglais ayant promis de payer et ayant payé une forte indemnité aux États-Unis, l'opinion publique américaine se calma et la guerre fut évitée.

Le Nord, victorieux, licencia ses troupes et désarma ses nombreux navires de guerre. D'ailleurs les bâtiments de combat avaient été construits si rapidement, avec des bois si mal séchés qu'ils étaient déjà pourris après quelques mois de service.

Pendant les vingt années qui suivirent la guerre civile, les Américains semblèrent se désintéresser des questions maritimes ; se sentant forts et naturellement protégés par leur éloignement des autres grandes puissances, ils négligèrent même de protéger par des batteries leurs riches cités du littoral ; toute leur attention se porta vers la construction des chemins de fer et vers le développement de leurs industries, auxquelles l'énergie de la nation et les droits protecteurs très élevés, établis par le parti républicain, donnèrent une impulsion extraordinaire ; la production de la fonte devint plus considérable aux États-Unis qu'en Angleterre ; plusieurs voies ferrées relièrent les rivages de l'Atlantique à ceux du Pacifique ; et un chemin de fer traversant les déserts du Mexique assura la prépondérance politique du Gouvernement Américain jusqu'à l'isthme de Panama.

Mais peu à peu les meilleures terres et les meilleures mines furent exploitées ; les bonnes affaires devinrent moins faciles à trouver qu'autrefois ; la nation américaine se sentit plus riche et plus puissante ; sa dette fut en partie remboursée ; le marché intérieur commença à ne plus suffire aux puissantes industries créées sur le territoire des États-Unis.

Sous l'influence de ces causes multiples, les Américains se

mettent à regarder hors de leur pays ; un mouvement d'expansion de la nationalité américaine commence à s'effectuer d'une façon inconsciente. Un homme d'État américain, Blaine, devina l'importance de ce mouvement et voulut se faire le champion de l'expansion américaine, du *panaméricanisme*. On sait que son audacieuse tentative d'accaparement politique et commercial de l'Amérique latine n'a qu'à moitié réussi, mais l'idée panaméricaniste n'est pas morte, tant s'en faut. La crise financière actuelle des États-Unis a pu lui porter un coup sensible, mais elle ne l'a pas fait disparaître.

Lorsque Blaine commença à laisser voir les visées des États-Unis sur l'Amérique du Sud, le moyen d'action nécessaire, c'est-à-dire la marine, manquait tout à fait aux Américains. La flotte de guerre n'existait pour ainsi dire plus, et la marine marchande, sauf le cabotage et la navigation des fleuves et lacs, était bien tombée ; la cherté de la main-d'œuvre et des constructions, cherté due au régime protectionniste et surtout au grand excédent de l'offre sur la demande d'emploi de la main-d'œuvre, empêchait les Américains de lutter contre les Anglais et les Allemands.

Le Gouvernement des États-Unis voulut d'abord s'assurer un service postal à grande vitesse, entre New-York et Southampton ; il signa un contrat avec une Compagnie qui prit le nom d'*American Line* (ligne américaine) et qui s'engagea, moyennant une forte subvention, à faire d'abord un service hebdomadaire sur Southampton, et ensuite à créer un second service sur Anvers avec escales à Boulogne. L'*American Line* commença par acheter les deux paquebots *City of Paris* et *City of New-York*, qu'elle appela *Paris* et *New-York*. Ces deux navires sont parmi les plus beaux et les plus rapides qui existent ; ils ont fait plusieurs traversées à 19 nœuds de vitesse. Les chantiers Cramp, à Philadelphie, construisent deux autres navires de dimensions et de vitesse comparables à celles du *Paris* et du *New-York ;* l'*American Line* aura donc bientôt sur Southampton une ligne composée exclusivement de navires à 19 et 20 nœuds.

Si les Américains devaient se borner à l'installation de ce service, il n'y aurait qu'un demi-mal pour la Compagnie Transatlantique et pour les intérêts français, parce que le transbordement à Southampton arrêtera beaucoup d'Américains qui préféreraient naviguer sous le pavillon étoilé ; mais malheureusement il n'en est pas ainsi. Dès que les navires en construction seront terminés, Cramp mettra en chantier trois bâtiments de dimensions et de

vitesse supérieures à celles du *Lucania* et du *Campania;* ces navires, qui auront, croit-on, une vitesse soutenue de 22 nœuds, assureront le service de Southampton. Les quatre navires à 19 et 20 nœuds seront alors chargés du service entre New-York et Anvers avec escale à Boulogne.

Le jour où ces projets se réaliseront, et malheureusement tout porte à croire qu'ils se réaliseront, la marine marchande française, déjà cruellement éprouvée par la nouvelle politique douanière française et par l'instabilité des tarifs, recevra un coup extrêmement sensible. Quant à la Compagnie Transatlantique, qui ne possède qu'un seul navire à 19 nœuds, et à laquelle la Compagnie de l'Ouest ne donne pour transporter entre le Havre et Paris des voyageurs parfois encore souffrants du mal de mer qu'un train n'ayant pas de restaurant ambulant ni de water-closets, elle subira probablement un véritable désastre pécuniaire; les Américains qui forment la majeure partie de sa clientèle actuelle préféreront, la plupart, naviguer sous leur pavillon national, et, si la Compagnie du Nord transporte, comme elle peut le faire facilement, les voyageurs de Boulogne à Paris plus confortablement et aussi vite que la Compagnie de l'Ouest ne les transporte entre le Havre et Paris, le public américain ne sera plus retenu sur les navires français que par la cuisine et le service qu'on reconnaît généralement être meilleurs à bord des transatlantiques. Si l'*American Line* parvient à égaler la ligne française sous ce rapport, la majorité de la riche clientèle américaine nous échappera, et il sera à peu près impossible de la reprendre. Je crois donc devoir signaler de nouveau ce grand danger que j'avais déjà signalé il y a deux ans.

Le Gouvernement Américain est également désireux de créer des lignes de paquebots sur l'Amérique du Sud et les Antilles; mais jusqu'ici les troubles politiques et les crises financières de l'Argentine et du Brésil semblent avoir retardé l'exécution de ces projets, aussi dangereux pour nos intérêts que la ligne de paquebots de l'*American Line.*

Malgré tous ces récents efforts l'Amérique n'a pas une marine comparable à celle de l'Angleterre, ainsi que le prouvent les statistiques suivantes,

En 1892, l'Angleterre possédait :

Voiliers . .	9 277	jaugeant	ensemble	3 574 847 *t*
Vapeurs . .	5 694	—	—	9 383 361 *t*

En 1892, les États-Unis possédaient :

Voiliers . .	3 371	jaugeant ensemble	1 423 275 *t*
Vapeurs . .	423	— —	642 788 *t*

Si l'on remarque que les vapeurs ont, à tonnage égal, une puissance de transport par unité de temps environ triple de celle des voiliers, l'infériorité des Américains devient encore plus sensible ; pourtant il ne faut pas oublier que les données statistiques ci-dessus ne tiennent pas compte de la marine marchande des grands lacs et des grands fleuves, bien que celle-ci soit fort importante ; en effet, sur les grands lacs il y a 3 700 vapeurs et voiliers dont le tonnage total est de 1 200 000 *t* ; sur les fleuves, 7 400 vapeurs et barques dont le tonnage total est de 3 400 000 *t*. Ainsi, sur la navigation intérieure, les États-Unis emploient une flotte de 11 000 vapeurs, voiliers et barques jaugeant ensemble 4 600 000 *t*.

En même temps qu'ils recommençaient à s'occuper de leur marine marchande, les Américains cherchaient à se créer une flotte de guerre ; d'abord, ils se réservèrent le droit de transformer en croiseurs auxiliaires les meilleurs et les plus rapides des nouveaux navires de commerce. C'était sans doute une mesure sage, mais c'était une mesure insuffisante, car un croiseur auxiliaire ne pourra jamais lutter contre un bon croiseur sérieusement protégé ; de plus, une marine moderne qui ne posséderait que des croiseurs, même des croiseurs protégés, serait dans une aussi mauvaise situation qu'une armée moderne qui ne posséderait que de la cavalerie ou de l'infanterie montée ; le fait de pouvoir toujours refuser le combat, en admettant que les fréquentes avaries de machine des navires actuels si compliqués ne rendent pas cette tactique pratiquement impossible, n'implique point en soi la possibilité de l'accepter avec chances de succès, puisque, pour un tonnage donné, tout poids consacré au charbon et aux machines nécessite un sacrifice de ce même poids ou sur l'artillerie, ou sur les munitions, ou sur le blindage, ou sur la coque.

Une marine a donc besoin de plusieurs catégories de bâtiments répondant chacune à un service spécial ; c'est ce que les Américains ont parfaitement compris.

Pour détruire les bâtiments de commerce non armés ils ont non seulement des croiseurs auxiliaires, mais encore des croiseurs très rapides avec une artillerie non protégée, telle que la *Columbia*. Pour combattre les croiseurs ennemis, ils ont de grands croiseurs avec artillerie protégée dont le *New-York* est le premier spécimen ;

l'opinion générale dans les milieux compétents est très favorable à ce type de bâtiment et il ne serait pas étonnant que tous les nouveaux croiseurs eussent leur artillerie protégée, même au prix d'une augmentation sensible de tonnage, afin de leur donner une écrasante supériorité sur les croiseurs auxiliaires et sur les croiseurs avec artillerie non protégée.

Pour défendre leurs ports peu profonds et leurs rades qui sont, pour la plupart, on peut même dire toutes, fort bien protégées par des hauts-fonds ou des passes étroites, les Américains ont, indépendamment des batteries de côte, des *monitors*, véritables affûts flottants très protégés, peu faciles à atteindre, tirant peu d'eau, mais marchant très mal et incapables de se battre dans une mer un peu mauvaise; ils construisent également des torpilleurs pour accompagner les *monitors*. Enfin ils ont mis en chantier un bélier sur lequel ils fondent de grandes espérances.

Mais tous les bâtiments dont nous venons de parler ne constituent pas une vraie flotte de combat, une flotte capable de forcer un adversaire à lever un blocus, à contraindre un ennemi plus faible à rester dans ses ports ou à ne faire que des sorties, en un mot, une flotte donnant la suprématie maritime, ou pouvant lutter pour empêcher d'autres nations de s'emparer complètement de cette suprématie maritime et d'en retirer tranquillement tous les avantages commerciaux et militaires.

Les Américains ont donc mis en chantier trois navires très puissants qu'ils feront probablement suivre d'un certain nombre de navires du même type, mais avec une artillerie moins pesante, une vitesse plus grande et des avants plus élevés.

Ce matériel est trop récent pour qu'on puisse le juger; les navires de combat ne sont pas même achevés. Néanmoins, il semble que le croiseur le *Columbia* ait réalisé une vitesse de 22 nœuds pendant plusieurs heures, ce qui le mettrait en tête des croiseurs actuellement à flot, parce que les croiseurs construits chez Armstrong, pour l'Italie et l'Argentine, sont trop petits pour pouvoir maintenir, par temps moyen, les vitesses de 22 et 23 nœuds qu'on leur attribue probablement à tort.

Quant au *New-York*, il a obtenu près de 21 nœuds; c'est le plus rapide et le plus puissant des croiseurs fortement protégés et armés actuellement à flot; il porte 6 pièces de 20 *cm* dont 4 sont très sérieusement protégées par des tourelles fermées, et une nombreuse artillerie à tir rapide de moyen et de petit calibre. Le *Brooklyn*, actuellement en construction, portera 8 pièces de 20 *cm*

mises deux à deux dans 4 tourelles fermées disposées en losange. A ma connaissance, il n'y a que les nouveaux croiseurs anglais *Powerful* et *Terrible* qui soient supérieurs à ces bâtiments.

Jusqu'à présent, la marine américaine paraît avoir été heureuse dans ses essais de machines; la raison probable de ce fait est sans doute la prudence relative dont les ingénieurs américains semblent avoir fait preuve en ne demandant pas une somme de travail trop grande à une machine trop faible; de plus, ils paraissent avoir une confiance médiocre dans ce tirage forcé en vase clos dont les abus ont causé tant de déboires dans certaines marines. La tendance actuelle est d'employer le tirage par appel d'air dans la boîte à fumée, ainsi que des cheminées très hautes, ce qui peut avoir certains inconvénients pour le combat.

En lisant le compte rendu de ce congrès du génie maritime, on verra que les Américains n'ont pas pu, mieux que nous ne l'avons fait en Europe, éviter la complication du matériel de guerre moderne; le *New-York* a en tout 92 machines ayant ensemble 170 cylindres à vapeur.

Mais il y a un point sur lequel ils méritent qu'on les félicite : c'est de n'avoir point versé dans la marine dite *à bon marché* et qui n'est que la plus coûteuse des folies, ainsi que s'en aperçoivent bien vite les nations assez mal avisées pour s'y laisser aller. Les Américains n'ont jamais pensé que le torpilleur et le « bateau-canon » fussent capables d'affronter loin des côtes et par mer houleuse de grands navires appuyés de croiseurs et de contre-torpilleurs; ils n'ont pas cru davantage que de petits croiseurs pussent lutter contre de grands croiseurs, même si deux ou trois petits croiseurs ayant ensemble un tonnage égal à celui d'un grand croiseur se mesurent ensemble contre ce grand croiseur. Sans tomber dans des dimensions exagérées, ils ont construit de grands navires marchant bien, puissamment armés, et tenant bien la mer. Sous la pression de l'opinion publique entichée des canons à dynamite, ils ont fait un essai malheureux : le *Vesuvius;* mais on peut être sûr qu'ils ne recommenceront pas. Ils sont convaincus de cette vérité élémentaire que l'on a eu tant de peine à faire comprendre dans certaines marines européennes : c'est que la grande *puissance, que cette puissance soit militaire* (artillerie et cuirasse), ou que cette *puissance soit mécanique* (vitesse et charbon), ne peut s'obtenir que par les grands déplacements.

COMPTE RENDU

Constructions de navires dans la région des grands lacs

par Walter Miller.

Les bâtiments de commerce naviguant sur les grands lacs transportent principalement des minerais de fer qu'ils chargent sur les rives des lacs supérieurs, afin de les porter aux usines des lacs inférieurs, et des grains récoltés dans les États du Nord-Ouest et destinés aux États de l'Est et à l'Europe.

Ce commerce est extrêmement important, ainsi que le prouvent les chiffres suivants :

Navigation sur les grands lacs en 1890.

Tonnage	du cabotage américain	28 295 959 *t*
	du commerce avec l'étranger. .	2 003 047
Tonnage total du commerce des grands lacs.		30 299 006 *t*

Ce chiffre de 28 295 959 *t* se décompose ainsi :

Grains et farines.	4 271 346 *t*
Minerai de fer.	9 132 761
Charbon.	5 735 299
Bois	6 869 660
Divers	2 286 893
Total	28 295 959 *t*

Sur la rivière de Détroit le tonnage a été encore plus considérable :

Cabotage	descendant la rivière	15 344 433 *t*
	montant la rivière.	5 771 164
Commerce étranger	descendant la rivière.	463 282
	montant la rivière . .	309 593
Total du commerce de la rivière de Détroit.		31 888 472 *t*

Comme points de comparaison, il n'est pas sans intérêt de comparer ces chiffres avec ceux des tonnages de ports très connus :

Chicago. . .	10 288 868 (1)	Le Havre . .	4 418 876
Buffalo . . .	9 560 590 (2)	Marseille . .	7 392 556
Londres . .	20 962 534	Anvers . . .	8 203 999
Liverpool. .	16 621 421	Hambourg. .	10 417 096
Glasgow . .	5 977 860	Brême. . . .	3 481 769
Hull	5 061 882	Boston . . .	2 676 387
New-York. .	12 646 535 (3)	San Francisco	1 986 483
Philadelphie	2 585 866		

On peut diviser les navires faisant le commerce des lacs en quatre classes principales :

1° Les porteurs de minerai, de grain et houille.

2° Marchandises diverses.

3° Bois et houille.

4° Passagers et fret.

La 1re classe est formée le plus souvent de vapeurs à hélice, de 1 600 à 3 600 *t*, ayant une longueur de 76 à 106 *m*, un maître bau de 11 à 13,70 *m* et un creux de 5,50 à 8,50 *m*. Leur force motrice varie entre 500 et 3 000 *ch*, leur vitesse de 10 à 16 milles à l'heure, et leur consommation de combustible de 450 à 2 700 *kg* par heure.

Ils ont généralement deux ponts.

Les lignes sont pleines ayant de 0,78 à 0,86 de coefficient.

Le gréement est de plus en plus réduit.

Le plus souvent, la machine est très à l'arrière de la coque, ce qui donne une immersion convenable à l'hélice, même lorsque le bâtiment navigue à vide, et ce qui diminue la longueur de l'arbre.

Les machines sont de différents types :

Machines à haute pression et à cylindre unique;

Machines à condensation à un ou deux cylindres;

Machines compound avec manivelle, calées le plus souvent à 90 degrés et quelquefois à 180 degrés.

Machines à triple expansion avec manivelles calées à 120 degrés.

La 2e classe ressemble beaucoup à la 1re; mais la coque est

(1) (2) Il est probable que les chiffres de Chicago et de Buffalo se rapportent à des tonnes métriques.

(3) Je crois devoir faire remarquer que le chiffre donné pour *New-York* ne comprend pas le cabotage ni la navigation fluviale.

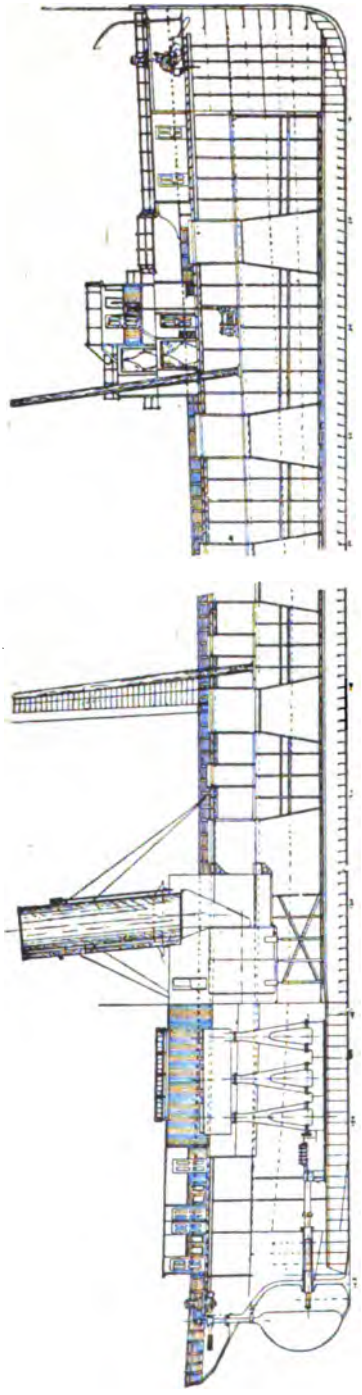


Fig. 1.

percée de larges sabords afin de permettre de loger les ballots dans les entreponts.

La 3e classe est composée de navires plus petits que ceux des deux premières classes; ces bâtiments ont une longueur de 46 à 61 *m*, une largeur de 9 à 13,70 *m*, et un creux de 3,70 à 4,90 *m*; leur vitesse est faible.

La 4e classe est composée de grands et beaux navires à roues, à hélice unique et à double hélice. Ces navires à roues naviguent sur le lac Érié; leur longueur est de 87 *m*, leur maître bau de 12,20 *m*, leur largeur hors tambours de 21,30 *m*, leur creux de 4,25 *m*, et leur tonnage de 1 023 *t*.

Ces navires sont admirablement installés; les dimensions et le luxe des salons, salles à manger et cabines rappellent les fameux navires du « Fall River Line ».

Les bâtiments à passagers et à hélice unique naviguent surtout sur la partie inférieure du lac Érié et sur le lac Supérieur. Ils sont généralement construits en bois et ont 68,60 *m* de longueur de quille, 11 *m* de bau et 4,90 *m* de creux. Leur vitesse est de 12 milles à l'heure.

Les navires à passagers et à deux hélices sont plus modernes; ils sont construits en acier, avec des cloisons étanches, et peuvent prendre du lest d'eau. Ils sont éclairés à la lumière électrique et ont des machines à triple expansion.

Indépendamment de ces quatre classes, il y a de plus un nombre considérable de bateaux de différentes espèces, représentant un tonnage total considérable.

La figure 1 montre les dispositions d'ensemble d'un navire de la 1re classe, c'est-à-dire à transporter le minerai, le grain et la houille. Dimensions 104,70 × 13,70 × 7,5 *m*.

Comme on le voit sur les dessins, la machine est tout à fait à l'arrière, et les logements de l'équipage sont à l'extrême avant, sous le gaillard. Le servomoteur est à l'avant. On peut également gouverner à la main.

La machine verticale est à triple expansion.

Il peut prendre 1 100 *t* de water ballast.

La figure 2 représente un bâtiment de la 2e classe, c'est-à-dire destiné à transporter des marchandises diverses.

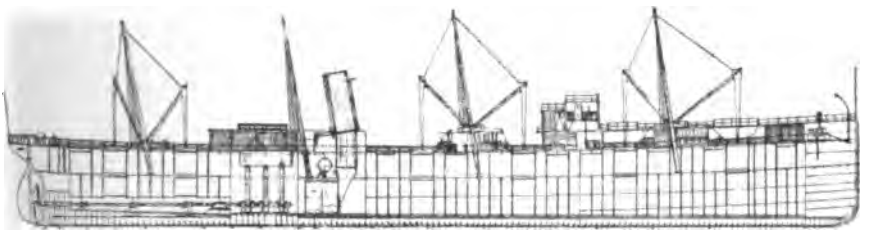


Fig. 2.

Ce bâtiment est construit en acier et a des lignes assez fines.

Les dimensions sont 92,80 × 14 × 7,60 *m*; le coefficient est 0,76.

Il y a quatre compartiments étanches dans la cale.

La machine est au milieu; les soutes sont à l'avant des chaudières.

Le bâtiment est muni de cabestans à l'avant et à l'arrière.

La machine à triple expansion est de 1 800 *ch* indiqués; les cylindres ont respectivement 0,60 × 1,06 *m*, 0,96 × 1,06 *m*, et 1,55 × 1,06 *m* de dimensions; les manivelles sont calées à 120 degrés. L'hélice a 4,25 *m* de diamètre, 5,33 *m* de bras, et 7 m^2 de surface.

La surface totale de chauffe est de 518 m^2; la surface de la grille est de 15 m^2; le rapport de ces surfaces est de 34,4 à 1.

La vitesse est d'environ 14 milles à l'heure.

Les figures 3 et 4 montrent les dispositions générales des machines de ces navires.

La 3e classe ne comporte que des bâtiments trop médiocres

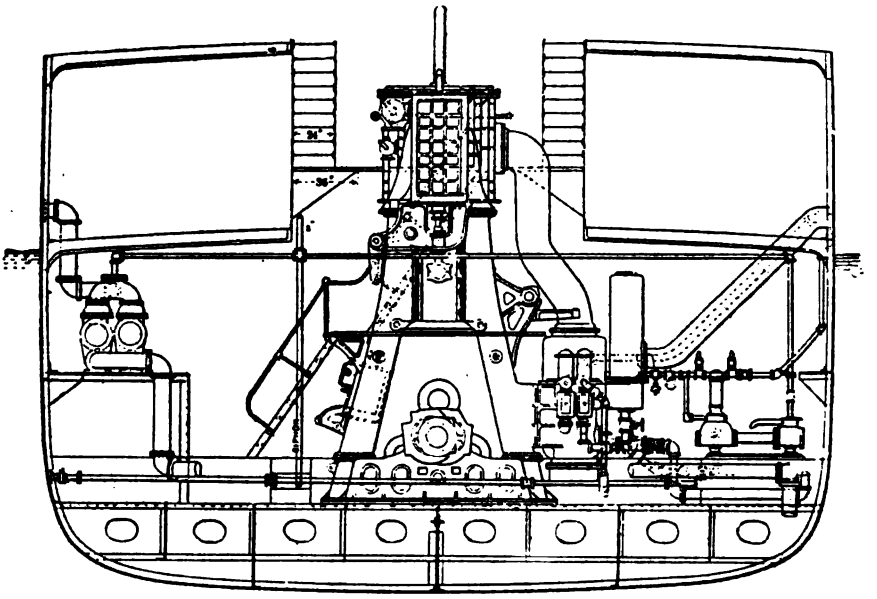


Fig. 3.

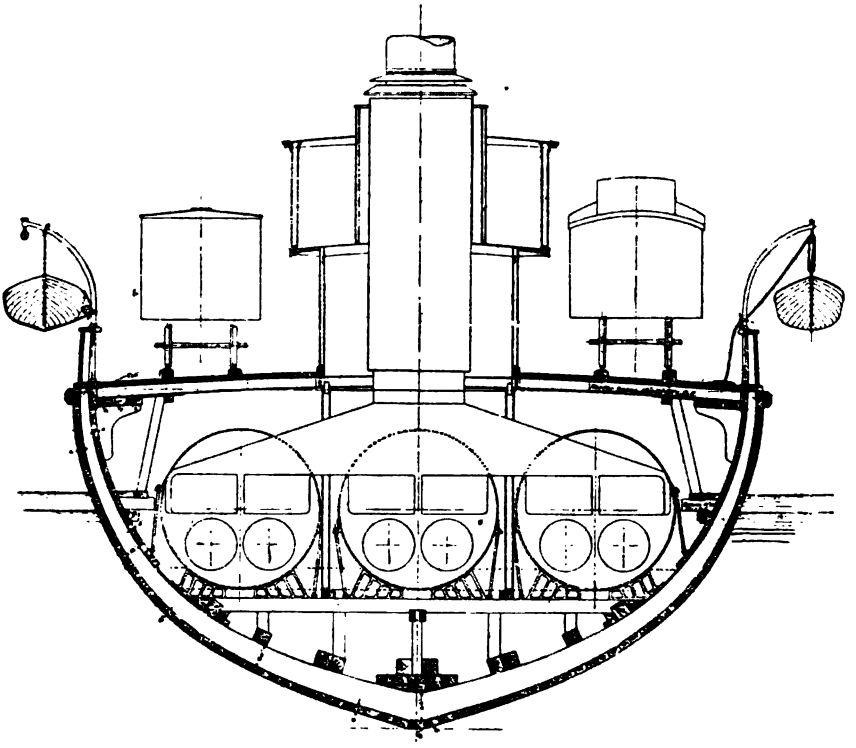


Fig. 4.

pour mériter une description; nous passerons immédiatement à la 4e classe.

La 4e classe comprend des navires à double hélice et destinés à porter des passagers et du fret.

Ces navires ont des lignes très fines et leur coefficient est d'environ 0,62. Ils sont subdivisés par de nombreuses cloisons étanches et sont éclairés à la lumière électrique; ils ont des cabestans à vapeur et un servo-moteur.

Les plus grands que l'on ait construits ont $116 \times 13{,}50 \times 8$ *m*; ils déplacent 2 200 *t* avec un tirant d'eau normal de 4,25 *m*.

Il y a des couchettes pour 318 personnes, et la salle à manger a 102 places.

Les deux machines verticales à quadruple expansion développent 3 500 *ch* chacune; les cylindres ont $0{,}635 \times 1{,}06$ *m*, $0{,}915 \times 1{,}06$ *m*, $1{,}45 \times 1{,}06$ *m* et $1{,}88 \times 1{,}06$ *m*.

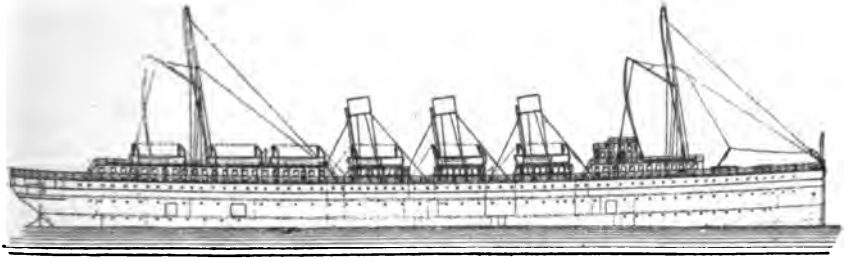


Fig. 5.

Les tiroirs sont du système Jory, le nombre des révolutions est de 120 par minute; les chaudières sont du type Belleville; la

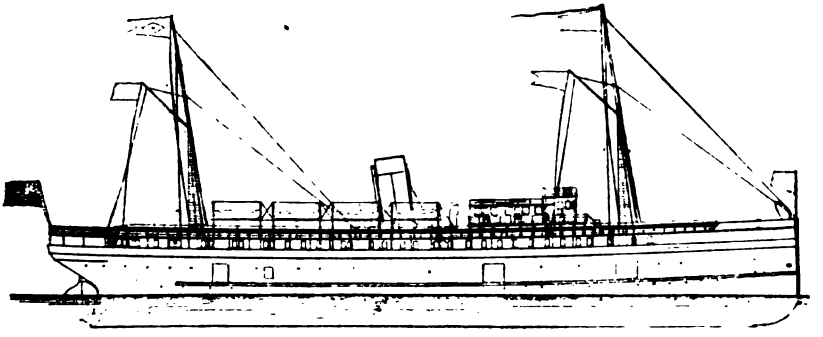


Fig. 6.

vitesse sera de 20 milles anglais à l'heure; les soutes contiennent 800 *t* de charbon et l'équipage est de 137 hommes.

La figure 5 montre une vue latérale de ces beaux navires.

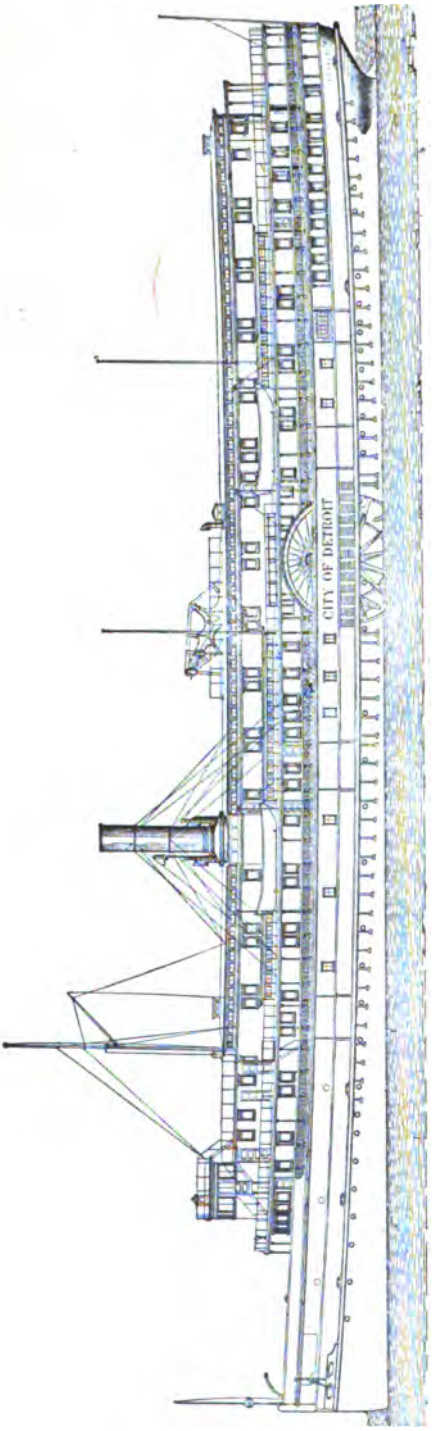


Fig. 7.

La figure 6 montre un vapeur, *la Virginia*, à double hélice, et destiné aux services des voyageurs; il est beaucoup plus petit que les bâtiments dont nous venons de parler, bien qu'il soit fort bien installé et aménagé.

La figure 7 donne une idée de ce qu'étaient les paquebots sur les grands lacs avant l'application de la double hélice; ces navires à aubes étaient très confortables, il est même permis de penser que des bâtiments à hélices et à faible tirant d'eau auront toujours des trépidations qui les rendront beaucoup moins agréables pour les passagers que les anciens paquebots à roues.

Ce navire à aubes a comme dimensions 89,65 $\times$ 12,20 $\times$ 4,90 *m*.

La largeur hors tambours est de 21,30 *m*; le déplacement, 2 250 *t*.

La machine est une compound verticale à balancier; le petit cylindre a 1,10 $\times$ 2,44 *m*; le grand cylindre 1,72 $\times$ 3,66 *m*.

110 *t* de charbon sont contenues dans les soutes; les machines développent 2 400 *ch* et im-

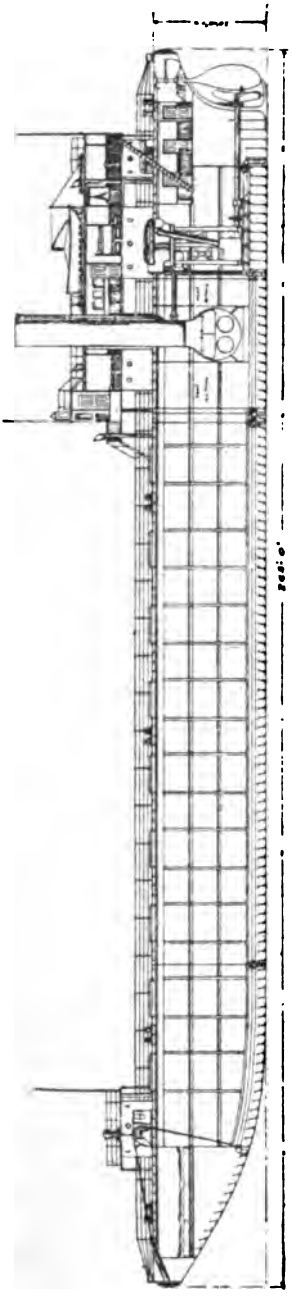


Fig. 8.

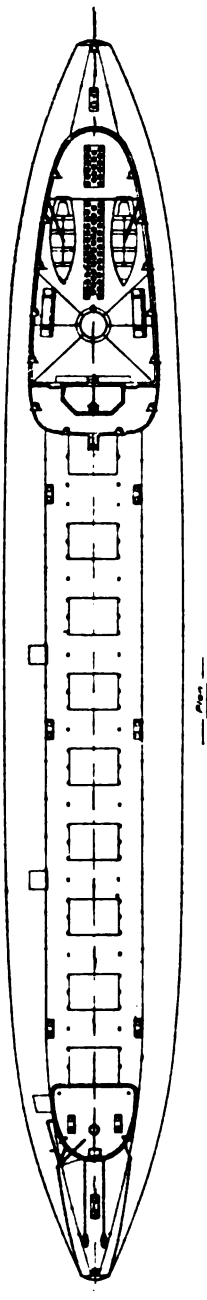


Fig. 9.

priment au navire une vitesse de 18,72 milles. L'équipage est de 65 hommes.

Le *whale-back* (dos de baleine) que représentent les figures 8 et 9, est une invention relativement récente dont le but est d'avoir le maximum de capacité utile avec le minimum de poids de coque. Les œuvres mortes sont fort diminuées.

La machine est tout à fait à l'arrière; l'équipage est logé dans des superstructures situées arrière et reposant sur le pont par l'intermédiaire de cylindres métalliques renfermant les escaliers de communication entre les superstructures et la machine. Le guindeau et le cabestan à vapeur situés à l'avant sont protégés dans une espèce de tourelle fermée dans laquelle on entre par une porte de tôle pratiquée suivant l'axe longitudinal et à l'arrière de la tourelle.

Le *ferry-boat* à deux hélices *(fig. 10)* est destiné à embarquer deux trains de chemin de fer sur son pont et à traverser le détroit de Mackinaw qu'encombrent en hiver des glaçons de 3 à 5 pieds d'épaisseur. Ce navire est construit en chêne et a une résistance de coque extraordinaire. Les dimensions sont 70,75 $\times$ 15,25 $\times$ 7,30 *m*; il peut embarquer à la fois dix voitures à voyageurs.

Les machines sont des compound avec condensation par contact, ce qui n'a pas d'inconvénients, vu la grande pureté des eaux où navigue le bâtiment.

La machine avant a des cylindres de 0,66 $\times$ 1 *m* et de 1,22 $\times$ 1 *m*, et actionne une hélice de 3,20 *m* de diamètre.

La machine arrière a des cylindres de 0,72 $\times$ 1,22 *m* et de 1,34 $\times$ 1,22 *m*, et actionne une hélice de 3,66 *m* de diamètre.

La vitesse est de 15 milles à l'heure.

Il y a un servo-moteur pour le gouvernail et des cabestans à vapeur.

Ce qu'il y a d'original dans la façon d'utiliser les deux hélices, c'est que, pour traverser d'épais glaçons flottants, on *fait machine arrière avec la machine de l'avant, et machine avant avec la machine de l'arrière;* le navire avance alors lentement parce que la machine de l'arrière est plus puissante que la machine de l'avant; le refoulement de l'eau que produit l'hélice de l'avant tend à chasser les glaçons et à faciliter le passage du navire.

La figure 11 montre la coupe transversale du *ferry-boat* dont la figure 10 montre la coupe longitudinale.

On construit actuellement pour le même service un *ferry-boat*

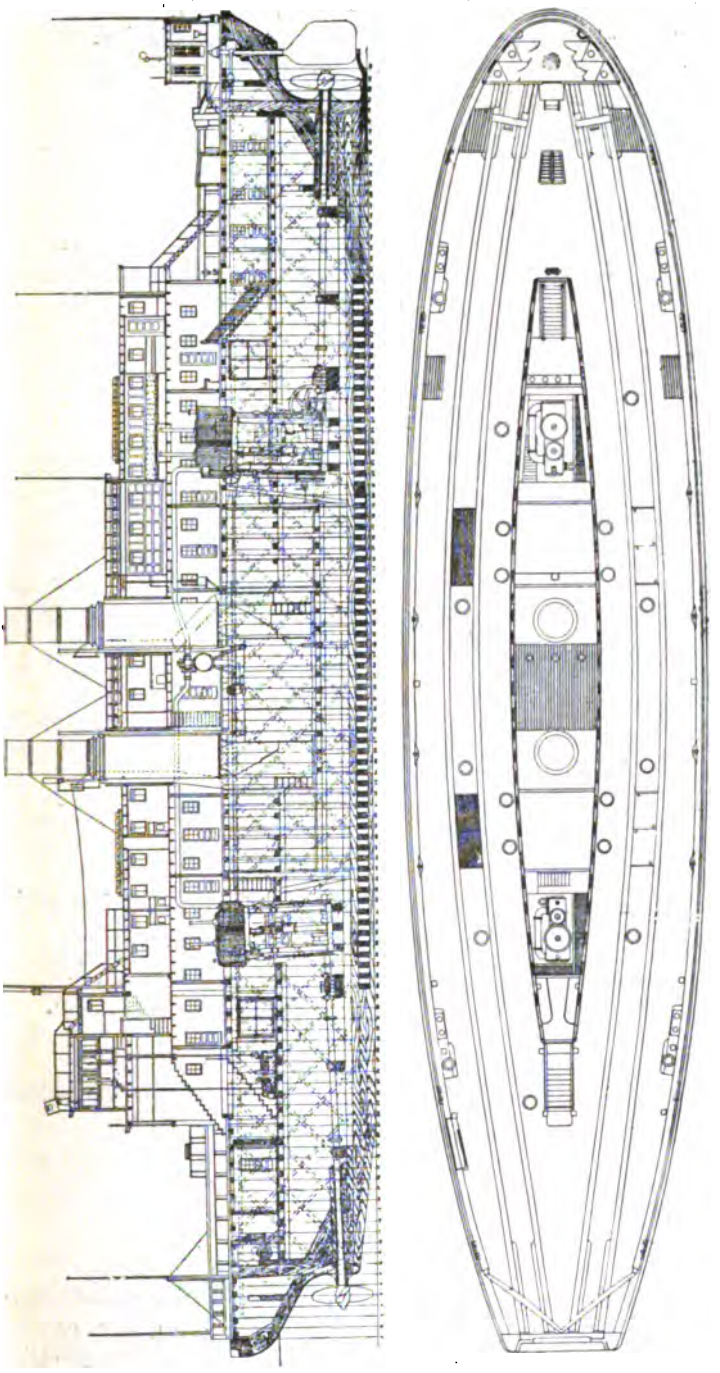


Fig. 10.

de 91,60 × 15,40 × 7,30 × 0,15 *m*. Ce bâtiment, encore plus solide que les précédents, est en chêne recouvert d'acier.

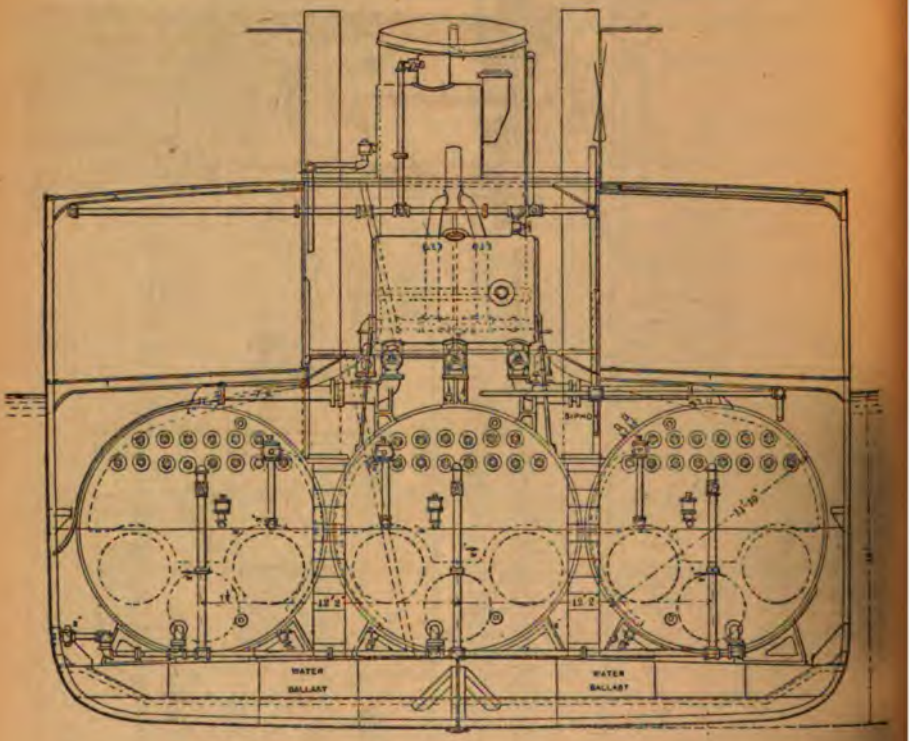


Fig. 11.

La machine avant, dont les cylindres ont 0,72 × 1 *m* et 1,32 × 1 *m*, actionne une hélice de 3,20 *m* de diamètre.

La machine arrière, dont les cylindres ont 0,80 × 1,22 *m* et 1,47 × 1,22 *m*, actionne une hélice de 3,66 *m* de diamètre.

Comparaison entre les divers types de vapeurs des grands lacs,

par Joseph R. Oldham.

De tous les types de vapeurs construits sur les grands lacs, le plus intéressant est certainement le *whale-back* (dos de baleine).

Lorsque le premier *whale-back* parut il y a cinq ans, ce navire eut un succès de ridicule; mais petit à petit le succès de ridicule

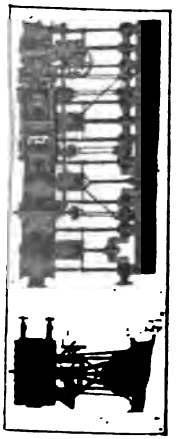


Fig. 12.

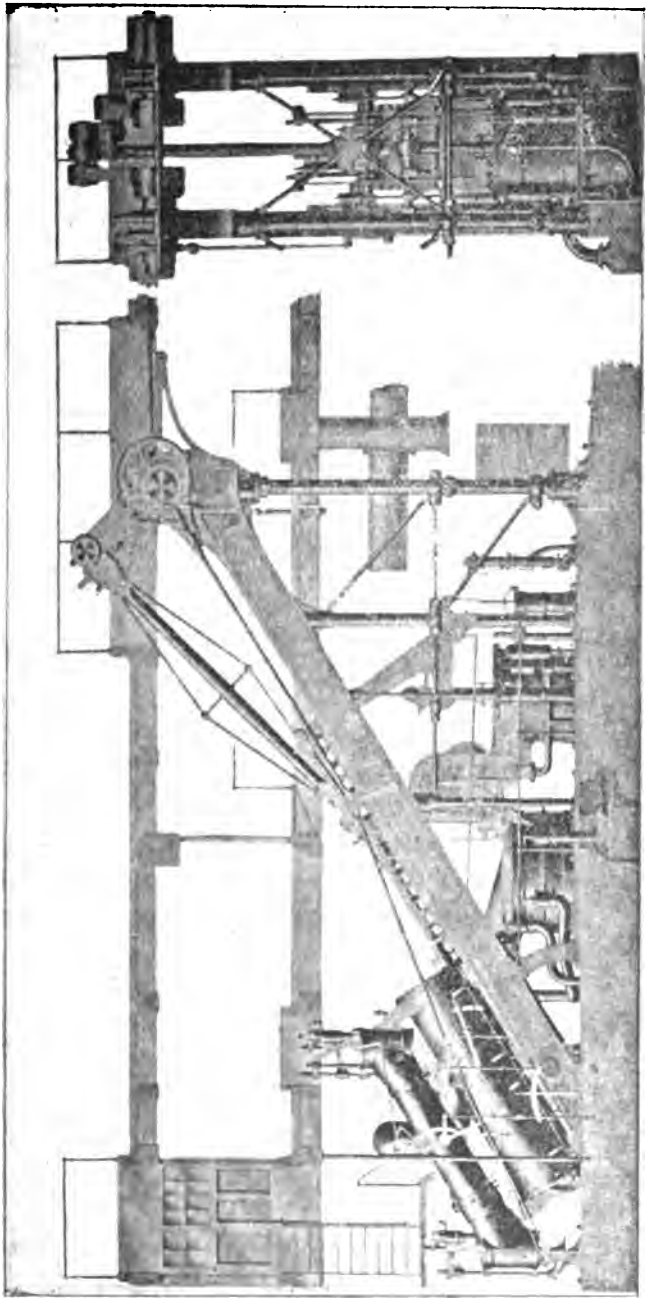


Fig. 12.

se changea en succès commercial, et maintenant le *whale-back* paraît être le type favori sur les grands lacs : les *whale-backs* représentent plus de 100 000 *t.*

Depuis leur apparition, on a construit plusieurs types s'en rapprochant : les *monitors*, les *turret*, etc.

L'opinion de l'auteur est que si le *whale-back* est le meilleur navire pour transporter des matériaux très denses, le bâtiment à œuvres mortes considérables et à murailles droites doit être préféré pour les marchandises légères, et pour le service mixte de voyageurs et de marchandises.

Cette conclusion paraît être raisonnable, parce qu'il est *a priori* certain qu'un même navire ne peut pas répondre à la fois aux desiderata qu'exigent deux services entièrement différents l'un de l'autre; il est donc possible que le *whale-back* ne puisse jamais devenir un bon paquebot. Pourtant il faut remarquer que les partisans du *whale-back* prétendent que les *whale-backs* peuvent être construits comme paquebots; à l'appui de leur assertion, ils citent l'exemple du *Christopher Columbus*, *whale-back*, qui transportait des passagers de Chicago à l'Exposition, et qui semble avoir fonctionné d'une façon satisfaisante.

La question n'est donc pas résolue, et l'énergique inventeur des *whale-backs* m'a dit à Chicago qu'il espérait bien trouver les capitaux nécessaires pour construire bientôt un paquebot de haute mer sur le type des *whale-backs*; j'ignore actuellement s'il réalisera son projet.

Problèmes de la construction des machines marines modernes,

par Ira N. Hollis.

Il est facile de montrer d'une façon bien frappante les progrès accomplis depuis moins d'un demi-siècle dans l'art de la construction des machines marines en mettant à côté l'un de l'autre les dessins *à la même échelle* de l'appareil moteur d'un navire de guerre à roues construit en 1849 et d'un torpilleur construit en 1891 *(fig. 12 et 13)*.

La machine du navire de guerre à roues le *Powhattan* fonctionne à une pression de 1,050 *kg* par centimètre carré, et développe 1 172 *ch*; son poids total est de 508 *t*, soit 440 *kg* par cheval-vapeur.

La machine du torpilleur n° 2 fonctionne à une pression de 17,5 *kg* par centimètre carré et développe 1 800 *ch*; son poids total est de 45 *t*, soit 25,40 *kg* par cheval-vapeur.

Dans la construction navale, la partie la plus importante est certainement la construction de la machine; on peut même dire, comme Sir Nathaniel Barnaby, que le constructeur de machines force l'ingénieur à construire le navire en vue de la machine.

Dans les bâtiments de commerce, certains termes du problème que doit résoudre le constructeur des appareils moteurs restent les mêmes que pour les navires de guerre; mais la machine du navire de guerre est toujours beaucoup plus difficile à bien établir, parce qu'indépendamment des questions de poids de métal employé et d'économie de combustible, il faut encore surmonter les difficultés qu'occasionnent le manque d'espace disponible et la nécessité de placer les appareils évaporateurs et moteurs afin de réaliser leur protection contre les coups de l'ennemi.

Les desiderata auxquels doivent répondre les machines des navires de guerre sont au nombre de onze; nous les analyserons au fur et à mesure que nous les énumérerons.

1° *Tous les appareils évaporateurs et moteurs devant être protégés contre les coups de l'artillerie sont nécessairement placés aussi bas que possible; le mieux est qu'ils soient au-dessous de la ligne de flottaison.* — Cette nécessité d'assurer la protection des machines est peut-être le plus grand obstacle que l'on rencontre, surtout dans la construction du moteur; dans les monitors, on était forcé d'avoir des machines horizontales de formes compliquées et qui ne marchaient que très mal; les chaudières étaient de petits diamètres ou à sections rectangulaires.

Actuellement, aux États-Unis, on paraît avoir tout à fait renoncé aux machines horizontales. On ne construit plus que des machines verticales et on obtient une grande puissance avec une hauteur relativement faible, grâce à des bielles très courtes, des courses de piston très petites et de grandes vitesses de rotation des arbres de couche.

Les machines du *Cincinnati* qui développent 5 000 *ch* sur chaque arbre de couche n'ont que 4,72 *m* depuis le haut du cylindre jusqu'à la position la plus basse de l'axe de la tête de bielle. La course est de 0,66 *m* et le nombre de tours à la minute de 185.

Les machines du *Vesuvius*, croiseur armé de canons à dynamite, ont une hauteur totale de 3,15 *m*; les pistons ont une course de

0,50 *m*; le nombre de tours à la minute est de 272, et la force développée de 2 184 *ch* sur chaque arbre.

Quant aux chaudières, il y en a de toutes hauteurs et de toutes dimensions, ce qui permet de choisir des types différents suivant l'espace dont on dispose.

Il faut actuellement apporter une attention croissante aux innombrables machines auxiliaires, de façon que ces appareils délicats soient bien protégés et facilement accessibles.

2° *Le poids doit être réduit au minimum.* — Autrefois, on se contentait de 3 à 4 *ch* par tonne de machine; maintenant on veut 12 *ch* par tonne, et même 35 *ch* par tonne dans les torpilleurs.

Les deux principaux moyens ayant permis d'obtenir ce progrès sont :

1° La plus grande vitesse de rotation des arbres de couche;

2° Le tirage forcé.

Aujourd'hui on admet 120 tours pour des machines de 7 000 *ch*, 185 tours pour des machines de 5 000 *ch*, et 300 tours pour des machines de 2 000 *ch*.

Ces grandes vitesses sont rendues possibles par l'emploi de meilleurs matériaux; leur résistance plus forte permet de diminuer les dimensions des pièces, et la plus grande constance dans les qualités fait qu'on diminue les coefficients de sécurité.

Quant au tirage forcé, il y a beaucoup à dire sur ce sujet; le tirage en vase clos produit des températures très élevées dans le foyer, et les parties de l'appareil évaporateur exposées à l'action directe des flammes ne résistent pas longtemps; le tirage forcé à l'aide d'un éjecteur dans la cheminée ne produit pas ces résultats désastreux. Actuellement, la mode paraît être aux cheminées très hautes : un navire marchand américain, le *Denny Bros*, a une cheminée de 36,60 *m* de haut, et le grand croiseur le *Brooklyn* aura des cheminées de 30,50 *m* de haut.

3° *L'espace occupé doit être minimum.* — Lorsque l'on peut loger les machines auxiliaires et les condenseurs à côté des machines verticales, il est certain que deux machines verticales actionnant chacune une hélice et placées à côté l'une de l'autre dans deux compartiments séparés par une cloison longitudinale prennent moins de place que deux machines horizontales. Ceci n'est plus vrai lorsqu'on ne peut pas loger les machines auxiliaires et les condenseurs à côté des machines verticales.

On réduit l'encombrement des chaudières en se servant de chaudières moins nombreuses et individuellement plus fortes, mais alors les avaries sont plus graves.

4° *Le navire doit être bon marcheur et bon manœuvrier.* — Actuellement toutes les marines désirent de grandes marches combinées avec de bonnes qualités de giration.

On commence à comprendre maintenant qu'il est impossible de soutenir de grandes vitesses en pleine mer avec des bâtiments de faibles dimensions.

Le cuirassé anglais le *Dreadnought*, déplaçant 10 600 *t*, a fait 62 milles marins et demi en quatre heures, avec mer debout; cette vitesse de 15,38 nœuds fut obtenue avec 76 *ch* par 100 *t* de déplacement. Le *Scout*, déplaçant 1 600 *t*, n'a fait pendant ce même laps de temps que 58 milles marins; la vitesse ne fut donc que de 14,5 nœuds avec 202 *ch* par 100 *t* de déplacement.

5° *Les machines doivent être aussi économiques que possible.* — Les machines motrices commencent à être assez bien étudiées pour que l'on puisse savoir quels sont les éléments importants d'économie. Mais sur les machines auxiliaires les renseignements manquent.

Il y a trois catégories de machines auxiliaires :

1° Celles qui ne fonctionnent qu'en même temps que les machines motrices, par exemple : les pompes et, dans le cas de grandes vitesses à obtenir, les ventilateurs du tirage forcé;

2° Celles qui fonctionnent constamment ou le plus souvent, telles que les machines destinées à produire la ventilation du bâtiment, l'eau douce, l'éclairage électrique;

3° Celles qui ne fonctionnent qu'à de longs intervalles et pendant de courts intervalles de temps; par exemple les cabestans à vapeur, les appareils de manœuvre de l'artillerie, etc.

Ces trois classes de machines peuvent se désigner sous les noms suivants :

1° Machines auxiliaires de la machine principale;

2° Machines auxiliaires du navire;

3° Machines auxiliaires spéciales.

Au point de vue de l'économie de combustible il n'y a que les deux premières classes qui soient intéressantes à étudier.

Afin de donner une idée de la complication des navires de guerre modernes, voici la liste complète des machines du grand croiseur cuirassé le *New-York* :

	Nombre de machines.	Nombre de cylindres.
Machines motrices.		
Machines verticales à triple expansion. . .	4	12
Machines auxiliaires des machines motrices.		
Pompes de condenseur	4	4
Pompes d'alimentation.	3	6
Pompes auxiliaires	3	6
Pompes pour tirages forcés.	12	24
Pompes à air.	4	8
Machines auxiliaires du navire.		
Pompes à incendie	2	4
Ventilateurs pour les machines.	2	4
Ventilateurs pour le navire.	4	8
Dynamos.	3	6
Servo-moteur pour le gouvernail	1	2
Évaporateurs et pompes de distillation. . .	4	5
Machine à glace.	1	1
Machines auxiliaires spéciales.		
Pompes auxiliaires pour alimentation de chaudières.	2	4
Pompes auxiliaires pour incendie et alimentation	4	8
Pompes auxiliaires pour alimentation . . .	2	4
Pompes d'épuisement.	2	2
Pompes de service	2	4
Pompes auxiliaires à air.	2	2
Cabestan à vapeur pour les ancres.	1	2
Cabestans de manœuvre.	6	12
Pompes auxiliaires pour les chaudières . .	2	4
Monte-charges pour les cendres.	6	12
Machines de mise en train	2	4
A reporter.	78	148

	Nombre de machines.	Nombre de cylindres.
Report	78	148
Machines de renversement de marche . . .	4	4
Machines pour faire tourner les tourelles. .	2	4
Monte-charges pour munitions	2	4
Machine d'atelier	1	1
Pompe à air pour nettoyer les ponts. . . .	1	1
Machines de chaloupes à vapeur.		
Machines motrices	2	4
Pompes d'alimentation.	2	4
TOTAL.	92	170

Cet exposé montre l'importance de la consommation de combustible des machines auxiliaires de différentes natures et l'importance du problème consistant à construire des machines auxiliaires simples et ne consommant que peu de vapeur.

Quant à la question d'économie de vapeur et de combustible dans les machines motrices, on a essayé de la résoudre à l'aide de différents systèmes : à bord du *New-York* on a deux machines à triple expansion sur chacun des deux arbres de couche, ce qui permet d'espérer des consommations relativement faibles, soit avec deux, soit avec les quatre machines fonctionnant ensemble; sur la *Kaiserin Augusta*, croiseur allemand à trois hélices (1), on espère atteindre ce résultat par l'emploi de la seule machine centrale en temps ordinaires.

Les schémas suivants montrent des projets de machines dus à M. Mattice, ingénieur américain.

Les chiffres marqués sur les cylindres marquent les diamètres en pouces.

Comme on le voit, ce sont des machines à quatre cylindres et à triple expansion.

La figure 14 montre le fonctionnement de la machine pour obtenir le maximum de puissance.

Comme on le voit, le petit cylindre ne sert pas.

(1) Cette disposition est celle du croiseur blindé français le *Dupuy de Lôme*, dont un malheureux accident de chaudière a considérablement retardé la mise en service courant.

La figure 15 montre la même machine disposée pour obtenir une moindre puissance : le grand cylindre ne sert pas.

La figure 16 montre une disposition d'une autre machine imaginée pour obtenir le maximum de puissance.

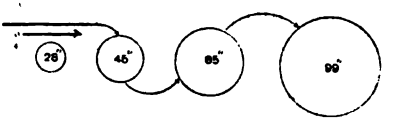


Fig. 14.

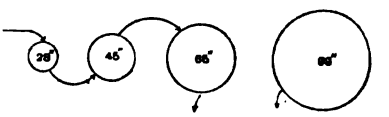


Fig. 15.

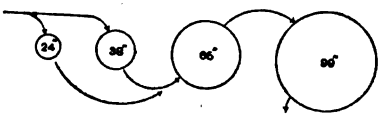


Fig. 16.

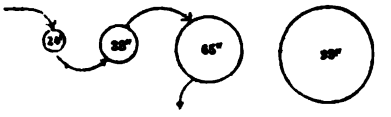


Fig. 17.

Enfin la figure 17 montre la disposition de la même machine pour obtenir le minimum de puissance.

6° *La machine doit fonctionner avec des garanties de sécurité à toutes les allures.* — La marine américaine paraît avoir été heureuse jusqu'à présent quant aux essais de ses machines ; elle doit probablement ce résultat heureux à ce que ses ingénieurs n'ont pas essayé de construire des machines trop légères.

7° *Les réparations doivent pouvoir être effectuées à bord.* — Pour cela il faut que les machines soient très accessibles ; à ce point de vue les machines auxiliaires réalisent un grand progrès.

8° *Les pièces de la machine doivent être autant que possible interchangeables.* — Ce desideratum est difficile à obtenir ; pourtant la question vaut la peine d'être étudiée à fond, surtout pour les croiseurs destinés aux longues campagnes.

9° *Le tuyautage de sûreté doit être très bien étudié.* — Il faut pouvoir isoler un élément quelconque, cylindre ou chaudière, de façon que le navire puisse marcher même si cet élément est hors d'usage.

10° *Les pompes doivent avoir une très grande puissance.* — Les pompes d'un navire de guerre ont besoin de pouvoir donner un débit énorme à un instant donné pour neutraliser une voie d'eau.

11° *Les questions d'accès des soutes et de cloisonnement étanche ont une importance capitale.* — Certains bâtiments américains paraissent

n'avoir pas pu donner d'une façon continue leur maximum de puissance uniquement parce que l'accès des soutes était insuffisant pour permettre l'approvisionnement en combustible des foyers.

Les cloisons étanches sont une autre source de difficultés à bord des navires de guerre, parce qu'elles gênent les communications.

Quant aux *vibrations*, elles sont surtout sensibles dans les torpilleurs ; la meilleure façon de les éviter paraît être l'adoption de machines à quatre cylindres et de caler deux à deux à 180 degrés les manivelles correspondant à des cylindres de même diamètre et à des parties mobiles de même poids.

Les constructions navales aux États-Unis,

par Benjamin MARTELL.

La guerre de l'indépendance américaine détermina le commencement des constructions navales aux États-Unis ; les constructeurs américains furent heureux dans les navires rapides destinés à la guerre de course : le commerce anglais souffrit beaucoup des corsaires américains.

La paix donna un grand essor au commerce américain : Stephen Girard, de Philadelphie, fit construire plusieurs bâtiments de commerce pour nouer des relations commerciales avec les Indes orientales.

Pendant la guerre, qui dura de 1812 à 1814, tous les efforts des Américains se tournèrent de nouveau vers la guerre de course.

La période qui suivit ces hostilités fut l'âge d'or de la marine marchande américaine ; c'est dans la période de 1848 à 1860 que l'on vit se multiplier ces magnifiques *clippers* portant des voiles immenses surmontant des coques basses sur l'eau, effilées aux extrémités et larges au milieu.

En 1850, les États-Unis et l'Angleterre possédaient respectivement une marine marchande de 3 500 000 *t* et de 4 500 000 *t*.

A cette époque, les *clippers* faisaient souvent les voyages suivants : New-York, San Francisco, les ports chinois, Londres et New-York.

Le plus grand *clipper* de cette période fut la *Great Republic*, navire de 98,50 × 16 × 9 *m* et de 4 000 *t* ; ce navire avait quatre mâts dont les trois premiers portaient des gréements carrés ; une machine de 8 *ch* était installée pour la manœuvre des voiles et la

manutention des marchandises. Il est à remarquer que, sauf la construction, qui était en bois, la *Great Republic* est à peu près le type de navire à voiles que l'on construit aujourd'hui.

Les constructeurs américains furent également heureux dans les yachts; on sait que la goélette *America* gagna, en 1851, la *Coupe de la reine*, dans une course autour de l'île de Wight, et que les Anglais ne purent jamais reprendre cette *coupe*, malgré un nombre considérable de tentatives dont la dernière eut lieu en 1893.

En 1819, le *Savannah*, navire à vapeur et à roues amovibles, traversa l'Atlantique en vingt-cinq jours, sur lesquels il ne se servit de sa voilure que pendant sept jours.

En 1838, le *Robert F. Stockton*, construit sur le plan d'Ericsson, chez MM. Laird et pour le compte de M. Stockton, traversa l'Atlantique; et en 1843 Ericsson construisit pour les États-Unis le premier navire de guerre à hélice, le *Princeton*.

En 1850, les vapeurs de la ligne américaine de Collins étaient les plus rapides qui existassent.

Dans la construction des navires de guerre, les Américains trouvèrent de nouvelles formes : les *monitors* leur rendirent les plus grands services et furent les plus puissants soutiens de l'Union dans la guerre contre le Sud.

Depuis la guerre civile, la nation américaine semblait avoir abandonné la mer pour se consacrer exclusivement au développement de son système de voies ferrées; mais, à l'heure actuelle, il y a un mouvement en faveur du développement de la marine de guerre et de la marine marchande : les Américains sont destinés à devenir dans cette industrie comme dans toutes les autres de formidables rivaux pour les Européens.

Les navires de guerre américains,

par Lewis Nixon.

Dans les grands croiseurs, les Américains ont mieux réussi que les Anglais, ainsi que le prouve la comparaison entre le croiseur protégé anglais le *Blake*, de 9 000 *t*, et le croiseur protégé américain le *New-York*, d'un tonnage un peu inférieur.

Le *New-York* a réalisé 21 nœuds de vitesse aux essais et le *Blake* 20 nœuds seulement.

Les deux navires ont un pont cuirassé en dos de tortue ayant

la même épaisseur; mais celui du *New-York* est en acier-nickel et celui du *Blake* en acier ordinaire; de plus, le *New-York* possède un mince blindage vertical par le travers des machines.

Le *Blake* n'a que deux canons lançant des projectiles de 380 livres, tandis que le *New-York* a six canons lançant des projectiles de 250 livres; enfin, l'artillerie du croiseur américain est mieux protégée que celle du croiseur anglais.

Des bâtiments similaires au *New-York*, aidés de croiseurs marchands armés en guerre, sont excellents pour détruire le commerce ennemi; mais ils ne suffisent pas pour faire respecter les États-Unis par d'autres puissances maritimes.

D'abord il faut des *monitors* pour défendre New-York et San Francisco, la plupart des autres grands ports étant dans une situation géographique telle qu'ils ont bien peu de chances de souffrir d'une attaque.

Mais les *monitors*, bien qu'excellents dans les estuaires et les golfes des côtes américaines où les profondeurs sont faibles et la mer peu mauvaise, ne peuvent pas sortir de l'abri des côtes pour combattre au large : ils n'ont pour cela ni une vitesse suffisante, ni un commandement suffisant dans leur artillerie. C'est pour cela que les États-Unis ont construit les navires garde-côtes l'*Indiana*, l'*Orégon* et le *Massachusetts*, qui sont moins rapides que les grands cuirassés européens, mais ont un armement plus puissant à tonnage égal.

Du reste, un navire plus grand est toujours supérieur à un navire plus petit d'une façon quelconque; toutes choses égales d'ailleurs, l'augmentation du prix correspond à une augmentation de déplacement, et, par conséquent, à une augmentation de puissance sous une forme ou sous une autre.

Le *Vesuvius* armé de canons à la dynamite n'est pas un succès, bien que les machines aient donné de bons résultats et que le navire se soit convenablement comporté à la mer.

Les torpilleurs ont jusqu'ici eu peu de partisans aux États-Unis; pourtant les rares spécimens que possède la marine américaine paraissent avoir réussi; la torpille est une arme qu'on ne connaît pas encore assez. La seule expérience qu'on en ait faite est celle du combat entre le cuirassé *Blanco Encalada* et les torpilleurs de haute mer (ou contre-torpilleurs) *Almirante Lynch* et *Almirante Condell*. Cette expérience ne prouve rien, parce que le *Blanco* ne se gardait pas et avait une machine hors de service lorsqu'il fut attaqué.

Quant aux torpilleurs sous-marins, ils ne sont encore que dans la période des essais; pourtant on ne voit aucune impossibilité théorique à réaliser des bâtiments de ce genre.

En résumé, pour avoir une marine sérieuse, il faut :

1° Une flotte considérable composée d'unités puissantes chacune dans leur genre ;

2° Une politique suivie et indépendante des partis;

3° De puissantes installations pouvant produire en abondance des navires, des machines, de l'artillerie, des explosifs et des torpilles, en un mot, tout ce qui est nécessaire à la marine.

Vapeurs naviguant sur les eaux de l'ouest des États-Unis,

par John M. Sweeney.

Le premier vapeur destiné au service du Mississipi fut construit en 1811, à Pittsburgh, et s'appela la *Nouvelle-Orléans;* sa longueur était de 42 *m*; il coûta 200 000 *f*. Il fit le service de la Nouvelle-Orléans à Natchez et transportait les passagers pour 125 *f* en montant et pour 90 *f* en descendant le fleuve; pour aller et revenir ce navire mettait dix jours; les bénéfices nets de la première année furent de 100 000 *f*; le navire se perdit en 1814, à Baton-Rouge.

En 1814, l'*Entreprise* fut construite à Brownsville.

En 1816, le *Washington*, construit à Wheeling, fut le premier bâtiment ayant ses chaudières sur le pont.

En 1818, l'*Indépendant*, de 50 *t*, remonta pour la première fois le Mississipi.

Depuis cette époque, la navigation à vapeur sur le Mississipi et ses affluents a fait des progrès extraordinaires.

Ce problème de la navigation sur l'Ohio et le Mississipi est difficile à cause de la grande variation de profondeur de ces fleuves. Les bâtiments ayant une roue unique à l'arrière sont ceux qui répondent le mieux aux conditions existant sur les cours d'eau de l'ouest des États-Unis.

Autrefois, pour accoster une rive, on mouillait une ancre dans le fleuve et on portait une amarre à terre; on halait le navire contre la rive. Pour repartir, on larguait l'amarre; le courant faisait venir le bâtiment à l'aval de l'ancre; on relevait l'ancre, faisait machine avant lentement, puis on mettait la machine en route dès que l'ancre était à pic.

Aujourd'hui, sauf les rares occasions où l'on accoste un appontement, on se contente de venir buter l'avant contre la rive; on coupe l'erre du navire en faisant machine arrière un instant avant l'accostage; pour repartir, on fait machine arrière, puis machine avant en route.

Cette méthode d'atterrissage, plus expéditive que l'ancienne, est rendue nécessaire par le fait que, pour des parcours égaux, le nombre d'atterrissages a quadruplé ou quintuplé en quarante ans.

Actuellement, les rives de l'Ohio sont couvertes de chemins de fer et les bateaux ne sont guère employés que pour le transport des marchandises; cet état de choses a conduit à la suppression graduelle des paquebots rapides et à faible tirant d'eau.

Pour faciliter l'embarquement et le débarquement, les bâtiments modernes ont un pont mobile de 2,45 *m* de large et de 10,50 à 12 *m* de long; on manœuvre ce pont mobile à l'aide d'une grue.

On construit maintenant, pour la navigation sur les fleuves, des bâtiments ayant 71,50 × 11 *m*; mais tous les navires ne sont pas aussi grands.

Voici les caractéristiques du bâtiment que représente la figure 4, planche 130:

Longueur.	55 *m*
Largeur.	10 *m*
Creux	1,40 *m*

Contre-quille principale, 0,12 × 0,25 *m*; elle est constituée par quatre morceaux de 0,06 × 0,12 *m*.

Contre-quille latérale, 0,076 × 0,18 *m*.

Cloison au-dessus de la contre-quille, 0,03 *m* d'épaisseur.

Baux du pont, 0,075 × 0,15 *m*.

Pont, 0,05 *m*.

Épontilles, 0,076 × 0,10 *m*, 0,05 × 0,10 *m* et 0,076 × 0,076 *m*.

MACHINES

Deux machines à un cylindre de 0,42 *m* de diamètre et de 2 *m* de course.

Roue de 6,10 *m* de diamètre et ayant quinze pales de 6,70 *m* de long.

Cabestan à vapeur.

Deux chaudières de 9,15 × 1,20 *m*.

Le meilleur bois de construction pour la coque est le chêne blanc de la Virginie occidentale.

Les figures 1 et 2 *(Pl. 130)* montrent la coque.

La figure 3 indique le mode de construction.

La figure 4 représente le bateau en construction.

La figure 5 donne des détails de l'arrière.

La figure 6 montre quelques détails de la machine.

Les établissements destinés à la construction des coques et des machines des navires modernes,

par le professeur W.-E. Durand.

Ce mémoire considère les différentes conditions théoriques d'établissements destinés à la construction des coques et des machines des navires modernes.

Les détails les plus intéressants contenus dans ce travail sont ceux ayant trait à la construction de formes de radoub en bois et en pierre.

Aux États-Unis, les formes de radoub en bois coûtent quatre fois moins que les constructions similaires en pierre et se construisent dans un laps de temps quatre fois moindre.

Une forme de $152 \times 15{,}25 \times 7{,}75\ m$ a coûté 565 892,63 dollars.

Quant au prix d'opération des formes de radoub, le prix moyen pour des navires de 3 000 *t* environ est estimé par M. M. Cramp au prix de 29 dollars par 1 000 *t*.

Aux États-Unis, les constructions en bois paraissent durer plus longtemps que les constructions en pierre; les gelées paraissent avoir des effets beaucoup plus désastreux sur les meilleures pierres que sur le bois.

Dans les établissements destinés à la construction des navires, il faut avoir une division du travail poussée très loin et de puissants moyens de production.

Joints effectués à l'aide de soudures,

par W.-E. Hill.

Ce mémoire cherche à prouver que les joints effectués à l'aide de soudures remplaceront, dans un avenir plus ou moins éloigné, les joints effectués à l'aide de rivets, surtout pour la fabrication

de récipients et de réservoirs destinés à contenir des fluides sous une pression considérable.

Aujourd'hui, la Compagnie des chemins de fer de la Lehigh Valley emploie une locomotive dont tous les joints sont soudés; cette machine fonctionne à une pression de 12,25 *kg* par centimètre carré. On ne voit donc pas pourquoi la soudure ne remplacerait pas les rivets avant un laps de temps assez court.

La soudure ne paraît pas créer de points faibles, ce qui n'est pas le cas pour les rivets; il est raisonnable d'espérer que la soudure permettra de construire des chaudières offrant, à poids égal, une plus grande résistance que les chaudières modernes.

Nécessité d'avoir des types uniformes d'appareils indicateurs pour les essais de machines,

par David Smith.

Les conclusions de ce mémoire sont les suivantes :

1° Tous les indicateurs de pression — manomètres — ne sont pas corrects si l'on prend comme point de départ la tension du ressort;

2° Un essai hydraulique à froid ne donne pas d'indications exactes sur ce qui existe dans la pratique;

3° La graduation divisée en parties égales n'est pas une mesure de la tension du ressort quand le ressort est chauffé;

4° La graduation réelle des tensions d'un ressort est une graduation avec des parties inégales; les irrégularités dépendent de la nature du ressort;

5° Tous les ressorts deviennent plus faibles sous l'action de la chaleur;

6° Le poids des pièces mobiles de l'indicateur de pression a une influence sur les résultats qu'il indique;

7° La vitesse avec laquelle fonctionne une machine a une influence sur les résultats fournis par les indicateurs; toutes choses égales, d'ailleurs, les erreurs augmentent avec la vitesse.

Il faut donc avoir des manomètres se rapprochant le plus possible du « manomètre idéal », c'est-à-dire d'un appareil ayant le minimum de frottement et de poids dans ses pièces mobiles, et dont le ressort ne soit pas affecté par les changements de température.

Le problème n'est pas facile à résoudre, mais il a une importance telle qu'il mérite bien qu'on cherche à en trouver une solution satisfaisante, quelles que soient les sommes qu'exigeront les études de cette question.

De la lubrification,

par C.-M. Everest.

L'étude des corps lubrifiants prend de jour en jour une importance plus considérable, parce que les vitesses constamment croissantes des machines rendent les grippements plus dangereux et plus difficiles à éviter.

On peut diviser les corps lubrifiants en trois classes :

La première classe est constituée par les corps lubrifiants solides, tels que le graphite et les compositions dites *antifriction*.

La seconde classe comprend les corps lubrifiants semi-solides aux températures ordinaires ; généralement, on considère ces lubrifiants comme économiques, parce que la consommation en paraît faible. Mais, en réalité, rien ne prouve qu'il en soit ainsi; il est au contraire probable que la consommation est aussi forte qu'avec des lubrifiants fluides bien appliqués, et que, de plus, la chaleur nécessaire pour fondre les lubrifiants semi-solides occasionne un frottement et une perte de travail considérables. Néanmoins, il y a certains cas où l'on ne peut pas utiliser les lubrifiants liquides et où l'on est bien obligé de se servir des graisses semi-solides, quelles que soient les pertes de travail qui résultent de l'emploi de celles-ci. Il est probable qu'on trouvera, un jour ou l'autre, des dispositifs mécaniques permettant l'usage général des huiles.

La troisième classe est composée de lubrifiants liquides, c'est-à-dire des huiles animales, des huiles végétales et des huiles minérales ; ce sont ces dernières que l'on emploie de plus en plus, soit pures, soit mélangées avec d'autres corps.

Les huiles minérales peuvent elles-mêmes être divisées en deux classes : les produits de distillation et les résidus de distillation. Cette classification n'a, d'ailleurs, aucun caractère absolu, puisque avec un même corps brut les produits de distillation et les résidus de distillation diffèrent avec la température de cette distillation.

Parmi les résidus de distillation, les huiles les plus lourdes

sont celles dont l'on fait usage pour les cylindres à vapeur; leur emploi est parfaitement justifié dans ce cas, à cause des hautes températures de la vapeur dans laquelle se trouve l'huile; plus la température est élevée, plus l'huile doit être lourde.

Les résidus plus fluides peuvent servir pour les paliers. Ces huiles sont noires; il faut les faire passer sur du charbon produit par la calcination d'ossements pour leur donner la couleur d'ambre que le commerce exige on ne sait pas pourquoi; l'huile noire n'est nuisible que dans les fabriques de textiles parce qu'elle tache beaucoup.

Les produits de distillation varient naturellement beaucoup avec la distillation, ainsi qu'il a été déjà dit; on en fait d'un grand nombre d'espèces différentes; on a donc été conduit à imaginer un grand nombre de méthodes d'essai, afin de pouvoir comparer les huiles entre elles.

Essais de densités. — Aux États-Unis, la densité est exprimée en degrés Baumé; généralement, la viscosité augmente avec la densité.

Essai par l'éclair et essai par le feu. — Le but de ces essais est de savoir à quelle température l'huile est inflammable.

Essai par le froid. — On se sert de cet essai pour connaître la température de congélation de l'huile.

Essai de la viscosité et de la fluidité. — Ces essais sont importants parce que le frottement augmente avec la viscosité, ainsi que le prouvent des expériences récentes; mais pour chaque pression par unité de surface des pièces en contact, il y a une certaine fluidité qu'on ne peut pas dépasser sans danger; il est très difficile de recommander une certaine huile plutôt qu'une autre pour des machines qu'on ne connaît qu'imparfaitement.

Essai d'évaporation. — L'Association des manufacturiers de la Nouvelle-Angleterre exige qu'une huile ne perde pas plus de 5 0/0 de son volume après avoir été maintenue pendant douze heures à 140 degrés Fahrenheit.

Essai de précipitation. — Pour effectuer cet essai on fait un mélange de 5 unités de volume de l'huile à essayer avec 95 unités de volume de gazoline; ce mélange est transparent et tout corps en suspension se précipite au fond.

Tous ces essais ne donnent des indications sérieuses qu'à la condition d'être faits avec le plus grand soin ; souvent les plus mauvaise huiles supportent très bien des essais incomplets.

En tout cas, la question est très importante, ainsi que le prouvent les résultats suivants.

Dans trois installations d'industries textiles, les pertes de force résultant de changements de corps lubrifiants furent :

Sur 1 130 *ch*.	130 *ch*
Sur 275	55
Sur 455	55

Améliorations possibles dans les lochs des navires,

par William Cowles.

L'auteur admet, tout d'abord, que le temps de l'ancien loch classique est fini et qu'il faut absolument avoir des compteurs à hélice, ou lochs enregistreurs, afin de pouvoir diriger avec sécurité les grands navires modernes dont les vitesses vont sans cesse en croissant.

Les lochs actuels sont défectueux parce qu'ils sont placés dans les remous de l'hélice et parce que les moyens de compter à bord du navire le nombre de tours de l'hélice du loch sont insuffisants.

Il faut donc installer les lochs sur les flancs du navire et à une certaine distance de la muraille ; il faut, de plus, avoir une communication électrique entre le navire et le loch pour pouvoir compter chaque fois qu'on le désire le nombre de tours pendant un certain laps de temps et avoir, par suite, la vitesse du bâtiment à un instant quelconque.

Appareils hydrauliques destinés à la manœuvre de la grosse artillerie des cuirassés,

par A.-A. Wilson.

Le contrat passé entre la marine américaine et un constructeur d'appareils hydrauliques spécifie que des appareils pourront manœuvrer deux tourelles contenant chacune deux canons de 0.254 *m*, alors même que la bande du navire atteindrait 10° ; la pression normale doit être de 42 *kg* et ne doit pas descendre pendant la manœuvre au-dessous de 38,50 *kg* par centimètre carré.

La figure 8 *(Pl. 130)* montre la disposition générale de ces appareils.

La figure 9 montre les pompes dont les cylindres à vapeur à simple effet ont 0,50 × 0,30, actionnant des pompes doubles de 0,15 × 0,30.

Il y a deux pompes par tourelle.

La figure 10 montre l'accumulateur hydraulique à vapeur.

Les pistons à vapeur ont 0,76 *m* de diamètre; les pistons à eau 0,25 *m* de diamètre; la course est de 0,86 *m* pour les deux espèces de piston.

a et *b* sont les tuyaux d'amenée pour l'eau; *c*, le tuyau d'amenée pour la vapeur; *d* et *e*, les tuyaux pour l'eau de condensation.

Les figures 11 et 12 montrent les détails de transmission de commande.

La figure 13 donne les détails de la valve de changement de marche.

A, enveloppe de la valve; *a*, *a*, *a*, *b*, *b*, *b* sont six ouvertures communiquant avec les tuyaux d'amenée et de sortie de l'eau; l'eau sort par les ouvertures médianes; B, B, double piston plongeur; C, C, cylindres hydrauliques; D, soupape manœuvrée par E; *c*, *c*, *c*, ouvertures communiquant avec les deux fours du piston plongeur.

La figure 14 *(Pl. 131)* indique les dispositions générales des moteurs des tourelles.

Chaque moteur se compose de trois cylindres hydrauliques à simple effet, A, A, A, ayant 0,20 × 0,25 *m* et agissant sur l'axe vertical BC.

L'eau arrive par les tuyaux *a*, *a*, *a*, et traverse le tiroir D.

La figure 15 donne les détails du tiroir.

A et B communiquent avec la valve de changement de marche.

C, valve conique de distribution maintenue par le ressort D.

La figure 16 montre les dispositions d'ensemble de l'installation d'une tourelle.

A est la valve de changement de marche à laquelle l'eau arrive par le tube *a*; *b*, *b* sont les tuyaux d'échappement. Les tuyaux *c*, *c*, *c*, *c* font communiquer la valve de changement de marche avec les moteurs.

B est le poste pour l'officier qui effectue la manœuvre à l'aide de la roue *d* qui transmet le mouvement par l'intermédiaire de *e*, de *f* et de *g*; *g* peut aussi se manœuvrer à l'aide de *i*.

La roue *j* commande les pièces *k*, *l* et *m*.

M est un butoir qui limite les mouvements de *d* et par suite de la tourelle afin d'empêcher les volées des pièces d'artillerie de venir frapper les superstructures construites sur le pont dans l'angle mort du tir.

Sur la planche 131, la figure 17 montre le détail d'un joint, et la figure 18 montre l'arrangement des soupapes de sûreté et des pistons d'équilibre pour le mécanisme de la tourelle ; ce mécanisme est destiné à empêcher la rupture des appareils dans le cas où l'on tire une pièce de canon en laissant la valve de changement de marche fermée. Sur la figure 15, A, A, R, R sont les soupapes de sûreté réglées par les ressorts S', S'; B, B, E, E sont des pistons plongeurs réglés par les ressorts S, S; *a* et *b* sont des tuyaux par lesquels l'eau va aux moteurs; *b*, *a*, les tuyaux par lesquels l eau va à la valve de changement de marche.

Comme conclusion de ce mémoire, l'auteur dit qu'il préfère les accumulateurs hydrauliques à air aux accumulateurs hydrauliques à vapeur ; de plus, il prétend que la vitesse de l'eau sous pression ne doit pas dépasser 5 pieds à la seconde.

Pièces d'acier fondu pour machines marines,

par Edwin S. Gramp.

Les fondeurs américains ne peuvent pas encore rivaliser avec les Anglais, les Allemands et les Français, pour la production des grosses pièces d'acier ; mais ils arriveront probablement à égaler les Européens, car ils ont déjà fait de très grands progrès dans un laps de temps fort court.

En effet, ce n'est qu'en 1886 que l'extension donnée aux constructions navales américaines poussa les iudustriels américains à étudier la question de la coulée des grosses pièces d'acier.

Les premiers essais jusqu'en 1890 furent généralement malheureux et montrèrent combien il est difficile d'improviser une industrie. Les ingénieurs de la marine de guerre et les fondeurs ne pouvaient s'entendre : les premiers reprochaient aux seconds d'être incapables d'exécuter les plans approuvés ; les seconds prétendaient que les premiers avaient des exigences déraisonnables.

Les conditions d'épreuve imposées par le Gouvernement américain sont plus sévères que celles des autres puissances. Voici d'ailleurs le règlement en vigueur pour les essais depuis le 24 mai 1889.

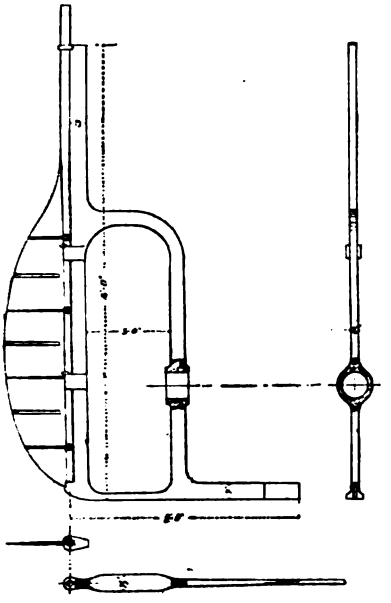


Fig. 18. — Étambot et gouvernail.

Fig. 19. — Palier et bâti.

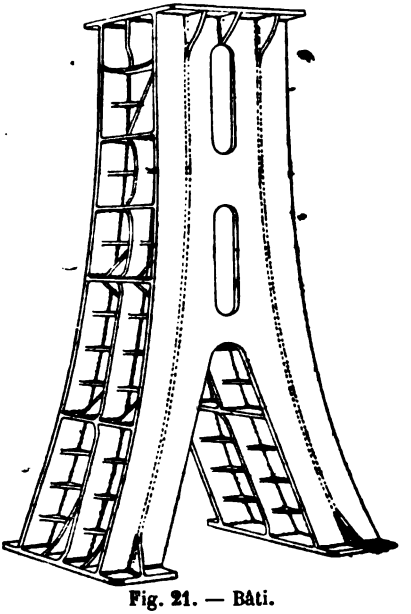


Fig. 21. — Bâti.

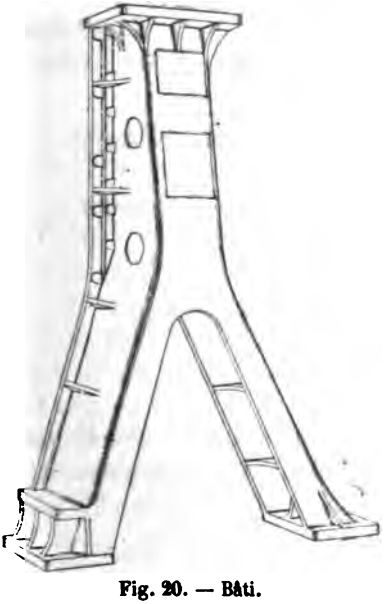


Fig. 20. — Bâti.

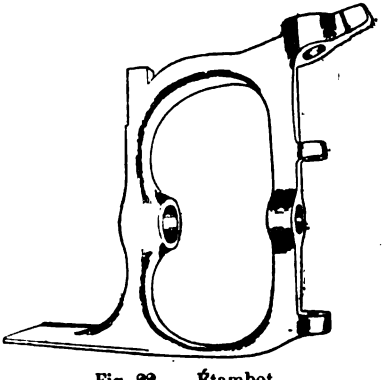


Fig. 22. — Étambot.

ACIER COULÉ

Matière employée. — L'acier doit être obtenu par le procédé Martin Siemens ou par le procédé au creuset.

Procédé. — Tous les aciers doivent être recuits.

Des échantillons seront pris pour s'assurer de la qualité de toutes les principales pièces du navire et de la machine.

Pour les pièces moins importantes on prendra trois échantillons pour l'ensemble de ces pièces ; on fera deux essais à la traction et un essai en pliant.

L'inspecteur prendra les échantillons comme bon lui semblera pour les pièces principales; au contraire, pour les pièces secondaires il fera son choix d'accord avec le manufacturier.

Essai de tension. — L'acier fondu doit avoir une résistance de 27 200 *kg* avec un allongement minimum de 15 0/0 dans une longueur de 0,20 *m* pour tous les échantillons de pièces de machines, et un allongement minimum de 10 0/0 dans une longueur de 0,20 *m* dans les autres pièces.

Essai de courbure. — Des échantillons de 6,45 cm^2 de section doivent pouvoir être recourbés à froid d'un angle de 90° avec un rayon de 0,037 *m* et sans fracture.

Essai de percussion. — Dans des pièces peu importantes on pourra remplacer l'essai de courbure par un essai de percussion.

Les pièces principales seront mises sur un terrain ayant la dureté d'une bonne route macadamisée ; une des extrémités sera soulevée jusqu'à ce que la pièce fasse un angle de 60° avec l'horizontale et on la laissera retomber.

Inspection de surface. — Une inspection minutieuse ne devra révéler aucun défaut dans l'apparence du métal.

Les figures suivantes *(fig. 18 à 22)* montrent des exemples de pièces fondues.

Les yachts à glace sur le Hudson,

par Archibald Rogers.

Les yachts à glace sont très nombreux sur le fleuve Hudson ; leur manœuvre et leurs courses constituent un des sports les plus populaires pendant les rigoureux hivers du Nord des États-Unis.

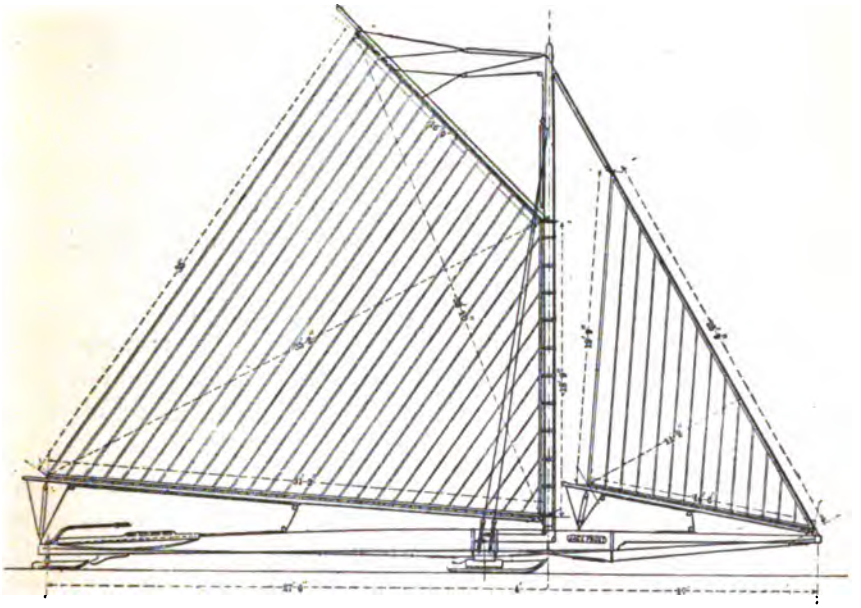


Fig. 23.

Surface de voilure	Voile	m^2.	53,25
	Foc		13,35
	TOTAL	m^2.	66,60

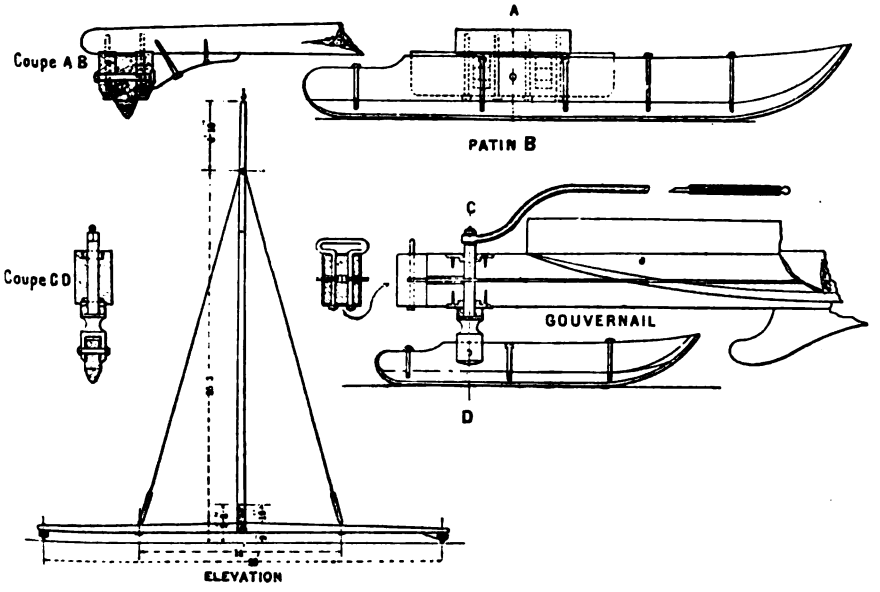


Fig. 24.

En 1869, le plus grand et le plus rapide des yachts à glace était le *Icicle*, long de 20,70 *m* et ayant une surface de voilure de 100 m^2. Ce yacht maintint sa supériorité de vitesse jusqu'en 1879 ; pourtant il avait de sérieux défauts de construction : son centre de voilure étant trop sur l'arrière, le yacht était trop ardent au plus près.

En 1879, le *Scott*, n'ayant que 46 m^2 de voilure, mais dont le centre de voilure était plus sur l'avant, montra sa supériorité sur l'*Icicle*.

En 1880, le *Jack Frost (fig. 23* et *24)*, ressemblant beaucoup au *Scott*, paraît être un des meilleurs yachts de l'Hudson ; mais quelques années après, le propriétaire tomba sur la glace au moment où le yacht s'emballait dans une risée ; le yacht alla se mettre en pièces contre une des rives du fleuve.

Le propriétaire construisit un autre yacht de 15,85 $m \times 8{,}50\,m$, et ayant une voilure de 94 m^2 ; mais l'expérience montrant que ces dimensions étaient exagérées, le nouveau *Jack Frost* fut réduit aux dimensions qu'on lui a maintenues depuis lors : 15 $m \times 8{,}50\,m$, et 67 m^2 de voilure ; le nouveau *Jack Frost* a gagné de nombreuses courses et paraît être le type le plus en faveur sur l'Hudson ; le gréement de *cat boat* paraissant moins maniable que celui de *sloop*.

Le poids de ces yachts est d'environ 1 360 *kg*, et leur prix 4 500 *f* ; la construction est extrêmement soignée et l'on n'emploie que des matériaux de premier choix. Les yachts ont généralement deux paires de patins : une paire à tranchant aigu est destinée à la glace très dure ; l'autre paire, dont le tranchant dépasse un peu 90 degrés, est destinée à la glace plus molle.

La course la plus rapide sur l'Hudson a été gagnée par le *Jack Frost*, faisant 20 milles en 49 minutes 30 secondes, ce qui équivaut à 1 mille en 2 minutes 28 secondes ; la distance parcourue sur glace par le yacht pendant cette course fut de 31 milles 30 ; la vitesse moyenne sur la glace a donc été de 1 mille en 1 minute 34 secondes.

Un point remarquable de la façon de manœuvrer les yachts à glace, c'est qu'on marche toujours avec les écoutes bordées, non seulement lorsqu'il s'agit de s'élever au vent ou de courir sur le largue, mais encore lorsqu'il faut se diriger vers un point sous le vent du point où l'on se trouve ; dans ce cas on tire des bordées à 13 points et demi, soit 150 degrés avec la direction du vent.

Une autre particularité des yachts à glace, c'est qu'ils ont une

vitesse plus grande que celle du vent; ainsi on a vu un yacht faire 1 mille anglais en 59 secondes, vitesse plus considérable que celle de la brise à cet instant.

L'explication mathématique de ce fait a été donnée trop souvent pour que nous la reproduisions ici.

Machines auxiliaires sur les navires de guerre,

par G.-W. Dickie, directeur des *Union Iron Works*, de San Francisco.

On peut classer les machines auxiliaires en deux catégories :

1° Les machines auxiliaires nécessaires au fonctionnement des machines principales;

2° Les machines auxiliaires qui ne sont pas nécessaires au fonctionnement des machines principales.

CONDENSEURS

L'auteur hésite à classer les condenseurs et les pompes du condenseur parmi les machines auxiliaires.

Pour les machines modernes verticales et à triple expansion de 11 000 *ch*, l'auteur propose un condenseur en bronze et en trois morceaux.

Dans ce projet, l'eau est à l'extérieur des tubes et la vapeur à l'intérieur des tubes.

L'avantage du condenseur réuni à la machine serait de donner, à poids égal de bâti, une stabilité beaucoup plus grande.

POMPES A AIR

L'auteur est partisan d'avoir, dans les machines verticales, des pompes à air réunies à la machine principale ; pourtant, il reconnait que les pompes à air indépendantes ont les avantages suivants :

1° Elles peuvent fonctionner quand la machine principale n'est pas en mouvement;

2° Elles permettent de bien vider les cylindres;

3° Quand on stoppe, alors que les feux des chaudières sont fortement poussés, on peut laisser échapper la vapeur dans les condenseurs.

Mais ces avantages ne seraient pas assez considérables pour

contre-balancer la plus grande simplicité résultant des pompes fixées sur la machine principale.

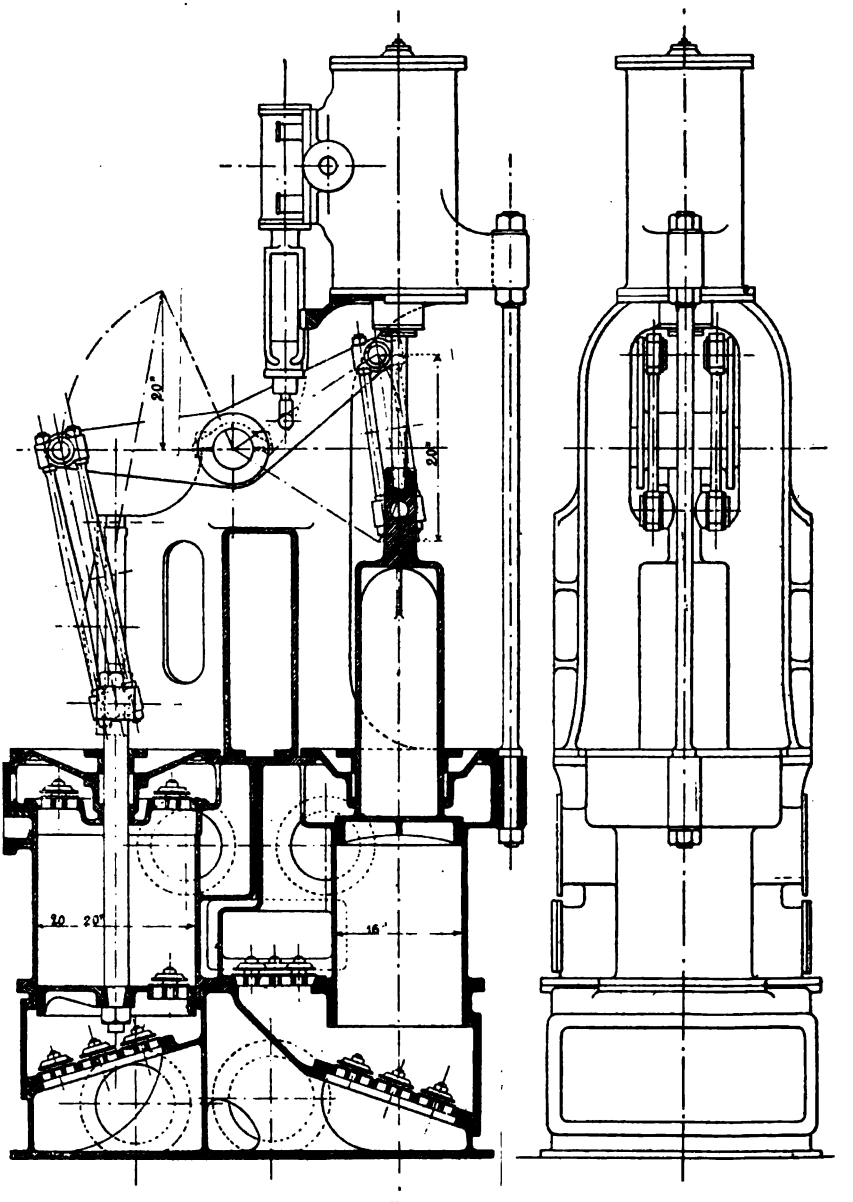


Fig. 25.

La figure 25 montre un arrangement où sont réunies la pompe à air et la pompe de circulation du condenseur. Pour n'avoir

qu'un seul jeu de soupapes dans la pompe de circulation, celle-ci est constituée par un piston plongeur; les soupapes sont dans la partie inférieure.

La forme de levier que montre le dessin *(fig. 25)* aurait l'avantage de retarder le mouvement à la partie supérieure de la course.

Les pompes à air du garde-côtes *Monterey* sont à action directe.

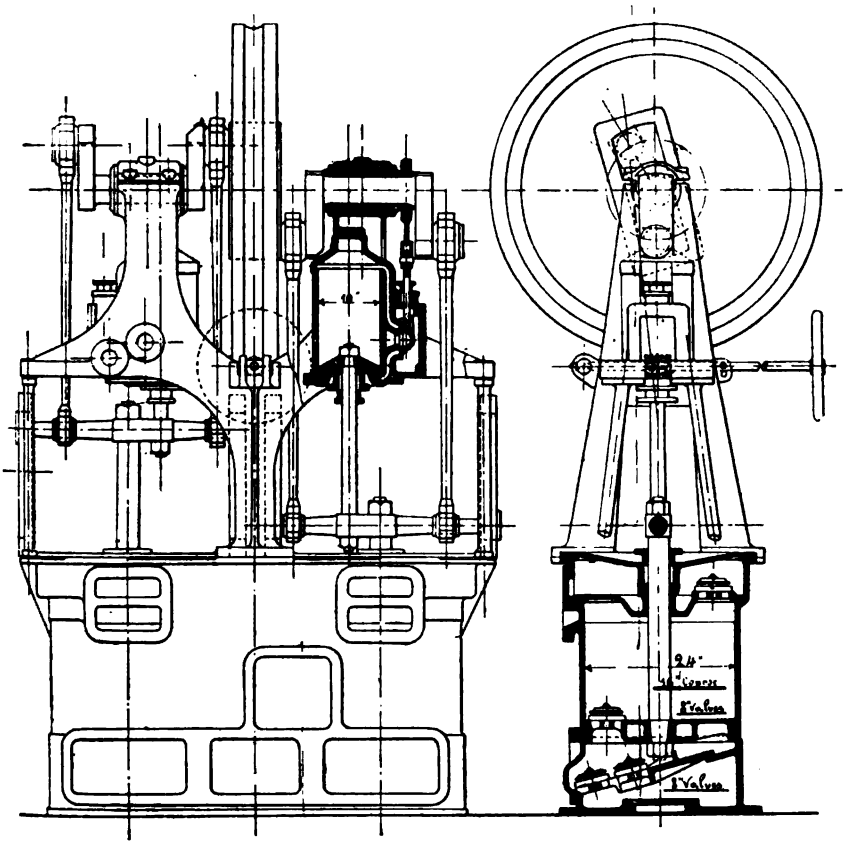


Fig. 26.

Les pompes du *Charleston*, telles qu'elles furent construites sur les plans de l'établissement Armstrong, à Newcastle (Angleterre). Aux essais, les résultats obtenus avec furent très mauvais; on changea alors la pompe à double effet en pompe à simple effet.

Les résultats furent un peu meilleurs; néanmoins ils ne furent pas très satisfaisants, et l'on dut enlever ces pompes afin de les remplacer par d'autres pompes *(fig. 26)* à action directe. Ces

appareils fonctionnent bien, mais exigent une surveillance minutieuse quand le navire roule fortement.

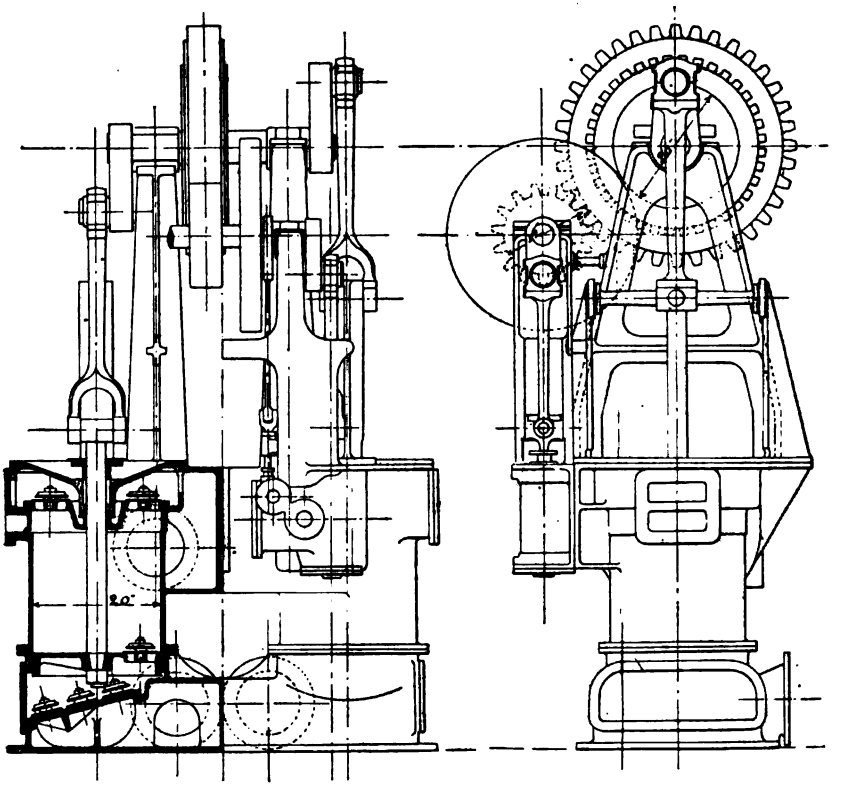


Fig. 27.

La figure 27 représente les pompes à air du cuirassé américain *Oregon*. Le navire n'a pas encore fait ses essais; on ignore donc comment elles fonctionneront.

POMPES DU CONDENSEUR

L'auteur admet que les pompes du condenseur doivent être mues par un moteur séparé afin de pouvoir régler convenablement la température de l'eau d'alimentation des chaudières. Il pense que les pompes centrifuges sont les meilleures.

CONDENSEUR DES MACHINES AUXILIAIRES

L'auteur blâme la coutume de mettre deux condenseurs auxiliaires dans les navires à double hélice et ayant des machines

très puissantes. Il trouve qu'un seul condenseur auxiliaire serait suffisant.

POMPES D'ALIMENTATION

L'auteur voudrait réduire autant que possible le nombre de ces appareils; il propose d'alimenter toutes les chaudières à l'aide de deux pompes, une seule suffisant à assurer l'alimentation, et l'autre étant prête à marcher en cas d'avarie seulement.

POMPES DE CALE ET POMPES A INCENDIE

L'auteur propose que les pompes de cale puissent également servir de pompes à incendie; tout le tuyautage du double fond viendrait aboutir dans un puits central d'où l'eau serait retirée par deux pompes indépendantes situées chacune dans une des chambres de machine.

Contre l'incendie, on aurait deux tuyaux principaux sous le pont cuirassé; des tuyaux verticaux viendraient communiquer avec ces deux tuyaux principaux.

VENTILATION ET TIRAGE FORCÉ

L'auteur propose un ventilateur mû par une roue hydraulique du genre de celles que les Américains nomment *roues tangentielles*. Ces appareils, qui n'utilisent que la force vive de l'eau, sont très répandus en Californie et dans les Monts Rocheux où ils paraissent donner de très bons résultats chaque fois que l'on a des chutes d'eau très élevées. Grâce à leur simplicité de construction, ces appareils semblent à l'auteur préférables aux ventilateurs actionnés par de petits moteurs indépendants.

AUTRES MACHINES AUXILIAIRES

L'auteur propose d'employer également des *roues tangentielles* pour les machines à escarbilles, pour les dynamos, les cabestans.

Une seule station centrale hydraulique, que l'on pourrait installer en double, desservirait tous ces appareils ainsi que les gros canons. L'auteur pense qu'on aurait ainsi une économie de poids d'environ 35 *t* pour un cuirassé comme l'*Oregon;* il pense également que l'on aurait économie de lubrifiants, sécurité de manœuvre plus grande, et un entretien moins coûteux.

STATISTIQUE

DES

HOUILLÈRES FRANÇAISES

EN 1893

PAR

M. E. GRUNER

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

SECRÉTAIRE DU COMITÉ CENTRAL DES HOUILLÈRES DE FRANCE

Le progrès industriel du siècle qui finit et le développement de la production houillère sont deux faits si intimement liés l'un à l'autre, qu'il n'est ni découverte, ni perturbation, même insignifiante, dans l'un des grands districts miniers, qui puisse passer inaperçue.

Dès qu'à propos d'une question de salaires ou de sécurité, de propriété ou d'aménagement des gîtes, la production semble momentanément compromise, aussitôt l'opinion publique s'émeut; est-il aussi un meilleur prétexte d'intervention pour ceux qui veulent tout rapporter à l'État, partout et toujours? Nul ne reste insensible dès qu'il s'agit de ce morceau de charbon, pain de l'industrie, arme des guerres de l'avenir sur terre et sur mer, élément vital de la civilisation actuelle. C'est qu'en effet, la vie industrielle ne se conçoit guère sans ce précieux élément.

Ces districts sillonnés de chemins de fer, hérissés de cheminées d'usines, couverts d'une population sans cesse plus dense et plus active, centres de la richesse du pays, ce sont ceux mêmes d'où sortent les millions de tonnes de cette houille sans laquelle il n'était, il y a quelques années encore, possible de concevoir ni machine motrice puissante, ni locomotive, ni éclairage public, ni progrès d'aucune sorte.

Cette prépondérance des pays et districts houillers serait-elle près de son terme? Et les merveilleuses découvertes dans le domaine de l'électricité ne sont-elles pas à la veille d'apporter de profonds changements à leur situation? Serions-nous à la veille

d'une dépréciation de nos richesses souterraines? Et faut-il penser qu'à la source ancienne de force et d'énergie sera généralement substituée avant peu une source nouvélle et unique?

Nous ne le pensons pas. En concluant ainsi nous sommes loin de méconnaître l'importance des découvertes récentes; mais nous trouvons dans les progrès nouveaux de la science une nouvelle démonstration de cette harmonie admirable du Monde dont aucune partie ne doit être complètement et à toujours privée des éléments de progrès et de prospérité. Ces éléments préexistent, mais ils restent latents jusqu'au jour où, par un travail incessant, l'homme arrive à les deviner, à les saisir et les approprier.

Forces hydrauliques et richesses houillères ont chacune leur domaine, leur raison d'être; l'une ne supplantera pas l'autre; elles sont, au contraire, appelées, dans une admirable harmonie, à se suppléer et à se compléter.

Les progrès de l'électricité et de son transport: c'est la mise en valeur des forces naturelles des régions montagneuses; c'est, pour ces pays longtemps délaissés, la vie et la richesse. Grâce à la distribution de ces forces jusqu'aux parties basses et élargies des vallées, où peuvent s'étendre les bâtiments d'usines, où peuvent se disperser, sans s'entasser, les maisons ouvrières, la vie industrielle s'y développera; et ces voies ferrées, actuellement si peu utilisées, apporteront les matières premières et les produits alimentaires, et reprendront les produits manufacturés pour les distribuer au loin. Mais c'est surtout la prochaine transformation de ces régions équatoriales, où l'on ne conçoit guère l'homme attisant, tout le jour, le feu de puissantes chaudières.

Peu d'années sans doute s'écouleront avant que les rapides si nombreux des grands fleuves qui descendent tumultueusement du plateau central de l'Afrique, soient captés et fournissent des milliers et des milliers de chevaux de force propres à actionner les machines les plus diverses, à éclairer les villes et villages de nouvelle création, à fournir partout le travail qu'un climat excessif ne permet de demander ni à l'homme, ni aux animaux qu'ailleurs il a asservis à ses besoins.

Ces locomotives électriques dont le succès économique est quelque peu douteux, s'il faut y consommer de la houille, n'ont-elles pas, avec des dispositifs spéciaux, un avenir magnifique sur ces voies qui longeront les rapides des grands fleuves? Est-il trop hardi d'entrevoir avant longtemps, dans ces pays, la traction électrique empruntant aux chutes toute sa force; et ce qui s'est

fait avec tant de succès sur le Rhône et le Rhin, à Genève et à Schaffhouse, ce qui se prépare au Niagara et au Nil, ne sera-t-il pas, avant peu, réalisé le long du Congo, de l'Ogooué et du Zambèze? Ces rapides et ces cataractes des grands fleuves africains qui semblaient, naguère encore, une barrière élevée à jamais au développement de la colonisation et du négoce, ne seront-ils pas avant peu la source inépuisable des forces que nous, nous demandons aux couches profondes de notre sol (1).

Dans nos climats, où nous avons besoin à la fois de chaleur et de force, la houille nous est doublement utile. Au voisinage des tropiques, n'est-il pas remarquable de trouver à produire en abondance la force seule, sans la chaleur qui, là, serait un péril et non un avantage. La force sera ainsi obtenue dans les conditions les mieux appropriées aux conditions climatériques.

L'avenir nous apparaît donc sous des couleurs à la fois moins uniformes et moins sombres : la houille n'est pas tout, et tout ne finira pas avec l'épuisement des gisements houillers; et cet épuisement, l'effroi de la génération qui nous a précédé de bien près, se trouve ainsi écarté pour longtemps.

A quoi correspondent ces gisements, quelle en est la durée probable, et quels sont-ils, sinon dans le monde, du moins dans notre pays? telles sont les questions que nous nous proposons d'étudier, en nous aidant des documents et ouvrages les plus récents.

Principales publications statistiques sur les houillères. — Nous aurons avant tout recours à la *statistique de l'industrie minérale* que publie chaque année le Ministère des Travaux publics et qui groupe les documents les plus variés et les plus complets sur la production, la distribution et l'emploi de toutes les richesses de notre sous-sol et de leurs dérivés — houilles et minerais, fontes, fers et aciers, métaux divers, etc.

Le volume relatif à 1893 est particulièrement intéressant, grâce aux graphiques qui récapitulent l'histoire du siècle, et qui, prenant

(1) Il y a quelques semaines, le 28 décembre dernier, M. Prompt, inspecteur général des Ponts et Chaussées, développait devant l'Institut égyptien un plan d'utilisation des cataractes du Nil par le moyen de transports électriques. — Il proposait la création dans le Nil, près d'Assouan, d'un barrage emmagasinant 500 000 millions de mètres cubes d'eau, et produisant grâce à une chute de 15 *m*, 40 000 *ch* de force. Cette eau servirait tout d'abord à actionner de puissantes turbines dont la force serait transportée au loin et utilisée pour mettre en mouvement des usines, filatures, tissages, etc. ; puis cette même eau irait irriguer de vastes étendues, qui, grâce à cette humidité, pourraient être transformées par des cultures spéciales (coton, cannes à sucre, etc.).

chacune de nos industries à son berceau, en suivent, année après année, les progrès comme aussi les crises.

Sous peu, nous aurons l'honneur de faire hommage à la Société, pour sa bibliothèque, d'un tirage à part de ces planches et du texte qui s'y rapporte; tirage dont le Ministère des Travaux publics a bien voulu confier le soin au Comité central des houillères de France. Cette statistique, en raison de son caractère officiel, s'interdit toute indication personnelle sur telle ou telle affaire industrielle, et s'étudie avec soin à ne pas sortir de la discrétion administrative.

A une époque où la constitution de nombreuses sociétés anonymes impose la connaissance de renseignements précis sur chaque affaire, et où la dispersion des titres (actions et obligations) augmente incessamment le nombre des personnes qui ont un intérêt effectif à suivre, dans leur détail, chaque exploitation en particulier, on comprend la raison d'être et le succès de la *statistique des houillères en France et en Belgique*, publiée annuellement par M. Émile Delecroix, avocat à Lille, comme annexe de sa *Revue de Législation des mines*.

Beaucoup de renseignements que nous citerons, et des cartes et graphiques qui accompagnent notre exposé, sont empruntés à une troisième source, l'*Atlas du Comité central des houillères de France* que nous avons publié nous-même, il y a dix-huit mois, et qui a été le fruit de longues recherches dans de nombreux ouvrages français, belges, anglais et allemands.

Aperçu sur la production houillère du monde. — Avant de commencer l'étude détaillée des houillères de France, jetons un rapide coup d'œil sur la production houillère du monde, et sur la valeur de cette matière.

En 1893, les statistiques officielles indiquent pour la production du monde en houilles de toute nature (lignite, houille proprement dite et anthracite) le chiffre de 526 millions de tonnes d'une valeur d'environ 4 milliards de francs; alors que l'ensemble de toutes les autres matières minérales extraites du sein de la terre (minerais de fer, de plomb, de zinc, de mercure, sel gemme et pétroles) ne forment même pas un tonnage de 100 millions de tonnes et sont loin d'atteindre une valeur d'un milliard de francs; si on y ajoute l'or et l'argent extraits des mines et des sables dont la valeur n'a guère dépassé un milliard et demi de francs, on voit que la valeur de la houille produite dans le monde est près du double de la

valeur de tous les autres produits naturels, y compris les métaux précieux.

Cette production houillère a cru avec une rapidité extrême dans les quarante dernières années et a plus que quintuplé pendant ce court laps de temps; et, fait plus remarquable encore, l'importance relative des divers pays au point de vue de la production de cet élément primordial de la richesse nationale s'est profondément modifiée.

Le tableau ci-dessous jalonne ces augmentations et ces transformations d'importance relative des divers pays.

PRODUCTION HOUILLÈRE DES DIVERS PAYS

Pays.	1865 — Millions de tonnes.	1872 — Millions de tonnes.	1880 — Millions de tonnes.	1890 — Millions de tonnes.	1893 — Millions de tonnes.
Grande-Bretagne.	98	123	149	185	167
États-Unis.	20	40	61	143	165
Allemagne.	29	40	53	89	95
Autriche-Hongrie.	5	10	15	27	30
France	11	16	19	26	26
Belgique	11	15	17	20	19
Russie	»	1	3	6	7
Espagne, Italie, Canada, Australie, Indes, Japon, Chine, Nouvelle-Zélande, Tonkin, etc	»	5	6	14	17
TOTAL.	174	250	323	510	526

En 1865, la Grande-Bretagne était incontestablement la grande puissance houillère du monde; toute autre est la situation en 1893. Un coup d'œil sur la carte du monde *(pl. 132, fig. 1)* nous montre face à face, des deux côtés de l'Océan, deux grands pays houillers d'égale importance :

la Grande-Bretagne,
les États-Unis de l'Amérique du Nord.

Leur production est à peu près identique :

167 millions de tonnes pour la Grande-Bretagne,
165 - — les États-Unis.

Cette égalité est atteinte pour la première fois par une circonstance fortuite, la réduction de près de 18 millions de tonnes qu'a imposée à l'Angleterre la grande grève des houillères du Centre, en 1893. Mais la courbe d'accroissement des houillères des États-Unis ne peut plus laisser à l'Angleterre d'illusions sur le temps pendant lequel elle sera le grand peuple houiller.

En 1890, l'écart était de 40 millions de tonnes (143-184) ;

En 1893, il est devenu nul par suite d'un accroissement de 22 millions de tonnes des États-Unis, et d'une réduction de 18 millions de la Grande-Bretagne.

Si même la Grande-Bretagne, qui a regagné dès 1894 sa production supérieure à 185 millions de tonnes, continuait à progresser, elle n'en serait pas moins certainement rejointe par les États-Unis avant la fin du siècle, chacun produisant environ 200 millions de tonnes, et les États-Unis ayant sans doute déjà dépassé ce chiffre pour s'en éloigner encore rapidement, tandis que la Grande-Bretagne sera bien près d'un maximum qu'elle ne dépassera que lentement, peut-être accidentellement.

Après ces deux grands pays, arrive l'Allemagne avec une production de 95 millions de tonnes.

Puis trois pays bien différents comme population et pourtant peu différents comme production houillère :

L'Autriche-Hongrie, la France, la Belgique.

Autriche-Hongrie,	30 millions	de tonnes ;
France,	26 —	—
Belgique,	19 1/2 millions	de tonnes.

Bien loin derrière, arrivent plusieurs pays, dont trois au moins occuperont une place importante dans dix ans ; nous parlons de la Russie — qui a déjà dépassé 8 millions de tonnes en 1894 ; — l'Australie — qui a déjà dépassé 4 millions, — et les Indes qui approchent de 3 millions de tonnes.

Plus loin encore, nous rencontrons des pays auxquels il est actuellement difficile de tracer un avenir quelque peu précis ; mais qui tôt ou tard joueront un grand rôle sur le marché houiller du monde. Nous voulons parler du Japon, de la Chine et du Tonkin.

La production totale du monde était de 526 millions en 1893, elle n'aura pas été loin de 545 millions en 1894. Cette production peut-elle être maintenue longtemps ? L'épuisement prochain des combustibles minéraux avait vivement préoccupé les économistes,

il y a vingt ans, quand, après la guerre, sévit dans toute l'Europe une crise houillère que certains esprits timorés ou irréfléchis présentaient comme le prélude du temps où le combustible allait faire défaut. A ce moment-là, certains statisticiens, se basant sur ce que, dans les cinquante ou soixante années antérieures, la consommation de la houille doublait en Angleterre tous les quinze ans, admettaient, sans plus discuter, que cette progression se maintiendrait. Partant de la production anglaise de **120** millions de tonnes en **1872**, ils prévoyaient qu'elle serait de **240** millions de tonnes en **1887**, et de **480** millions de tonnes en **1902**.

Il est intéressant de rapprocher de ces chiffres les résultats réels et de montrer combien avaient raison ceux qui, dès 1875 et 1876, réfutaient ces calculs qui, pour être fantaisistes, n'en avaient pas moins ému l'opinion publique.

En 1887, au lieu de **240** millions, la production a été de **162** millions de tonnes, et en 1892, elle n'a pas atteint **182** millions de tonnes, alors que la théorie fixait à **280** millions la production probable.

On voit donc qu'en vingt ans, l'écart entre l'hypothèse et la réalité a atteint **100** millions de tonnes, avant même que l'utilisation des forces hydro-électriques ait pu jouer le rôle dont nous indiquions plus haut l'importance prochaine. Il convient de remarquer que, d'année en année, la production, loin d'augmenter suivant la même loi, comme le supposaient ces hardis prophètes, tend, au contraire, à croître de moins en moins. Il semble donc que cette autre hypothèse qu'exposait, avec des preuves si judicieuses à l'appui, le vénéré président d'honneur du Congrès de l'Industrie minérale de Douai, en 1876, a bien des chances d'être confirmée par la réalité. « Tôt ou tard, disait-il, on devra atteindre, dans tout pays, un maximum de production houillère forcément limité par la nature même des choses. En Angleterre, ce maximum ne me paraît guère devoir être supérieur à 250 millions de tonnes ; il suppose déjà un million de mineurs et une population ouvrière de cinq millions d'âmes. »

Pour la France également, malgré la remarquable expansion prise par l'industrie minière dans le Nord et le Pas-de-Calais, la production a été bien loin de doubler, ni en quinze, ni même en vingt ans.

De **15 800 000** *t* en **1871**, elle n'a pas atteint **28** millions de tonnes en **1894**, et s'il était peut-être timide de fixer à **30** millions le maximum de la production de la France, il semble bien probable qu'il

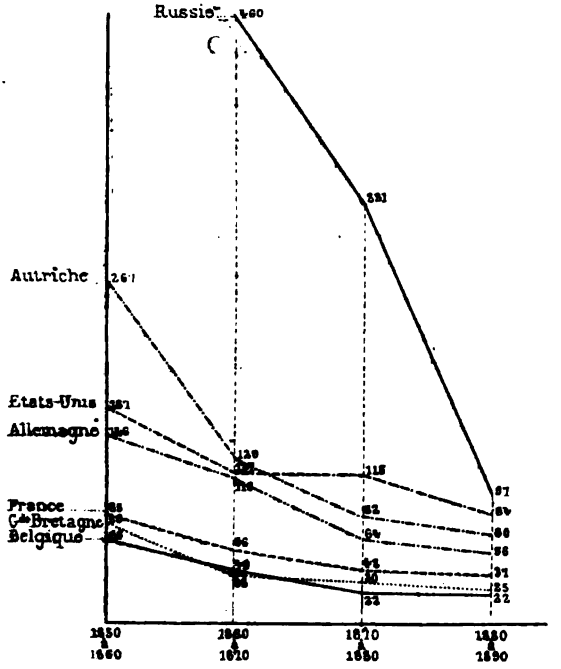
faudra encore bien des années pour que ce chiffre soit beaucoup dépassé.

Il est, en tous cas, instructif de remarquer que plus un pays houiller est ancien, moins l'accroissement proportionnel de sa production est rapide.

Ainsi l'accroissement de la production a été :

	De 1850 à 60.	De 1860 à 70.	De 1870 à 80.	De 1880 à 90.
	—	—	—	—
	0/0	0/0	0/0	0/0
En Belgique . . . . de	65	40	22	22
Grande-Bretagne . .	80	38	30	25
France.	85	56	42	37
Allemagne.	146	116	64	54
Autriche-Hongrie. .	267	129	82	68
Russie.	»	460	331	97
Aux États-Unis	167	117	115	84

Ce tableau et le graphique ci-dessous qui en est la traduction



linéaire montrent que l'accroissement devient d'autant moins considérable que la vie industrielle est plus ancienne dans un

pays, et prouvent, d'autre part, qu'après une période exceptionnelle, au moment de son réveil industriel, un pays neuf ne tarde pas à subir un ralentissement continu, et de plus en plus accentué, dans le développement de sa production.

Aucun calcul d'avenir ne peut avoir de valeur s'il ne tient compte de cette loi désormais bien établie ; mais aucun non plus ne peut encore être justifié avec une suffisante précision, puisque la période d'observation est encore trop courte pour que la loi de décroissance se dégage avec quelque rigueur des causes perturbatrices si nombreuses, provenant de l'introduction de la machine à vapeur et des chemins de fer.

Il est donc bien difficile de donner quelques chiffres réellement sérieux pour la durée des bassins houillers des divers pays.

Un ingénieur des mines allemand, le conseiller Nasse, a tout récemment voulu, après beaucoup d'autres, répondre à cette préoccupation de l'avenir, et sa conclusion est des plus rassurantes puisqu'il croit pouvoir démontrer que l'Autriche-Hongrie, la Belgique et la France ont un avenir houiller assuré de 500 ans, l'Angleterre et l'Allemagne de 800 à 1 000 ans et les États-Unis de 650 ans.

Et que nous réserve l'avenir dans les pays neufs qui sont encore à la période préalable des travaux de reconnaissances géologiques et mêmes géographiques ? Au Tonkin, au Japon, en Nouvelle-Zélande, en Australie, l'exploitation commence à s'organiser ; en Chine, au sud de l'Afrique, la position des gisements est à peine connue, leur importance, comme nombre de couches, qualités des houilles, étendue des bassins est encore entièrement inconnue.

En présence de gisements si nombreux, dont l'exploitation et la mise en valeur seront l'œuvre de nos successeurs du xx^{e} siècle, il est bien difficile de dire ce que sera la production houillère du monde, dans quelque vingt ou trente ans, et à quelle part modeste dans ce total sera réduite notre vieille Europe. Nous ne chercherons pas à avancer des chiffres. Si, dans les pays à climat tempéré, comme la partie moyenne de la Chine et le Japon, l'exploitation peut prendre un grand développement, il est peut-être quelque peu exagéré de craindre beaucoup la concurrence ou le concours de ces gisements tropicaux entrevus au centre de l'Afrique, où, d'ailleurs, nous l'avons déjà indiqué, les forces hydrauliques, utilisées grâce aux progrès de l'électricité, joueront sans doute un rôle prépondérant.

Production et consommation de la France en combustibles minéraux. — Rentrons en France après ce rapide coup d'œil d'ensemble et voyons ce qu'a été, ce qu'est et ce que pourrait et devrait être la production houillère de notre pays. (Tableau n° 1) *(pl. 132, fig. 2 et 3).*

Alors qu'il consomme actuellement 36 millions de tonnes, notre pays n'en produit encore que 26 à 27 millions, de sorte qu'il doit chaque année demander aux pays voisins de 9 à 10 millions de tonnes de houille, c'est-à-dire pour une valeur de près de 250 millions de francs sur les lieux de livraison par les transporteurs étrangers (gares frontières ou ports de mer français).

Longtemps notre pays avait surtout demandé à ses forêts le combustible dont il avait besoin pour son chauffage domestique, et surtout pour ses 400 à 450 hauts fourneaux au charbon de bois (1) et ses nombreux feux d'affinerie et feux de forges. Alors qu'il ne s'agissait de produire que 300 à 350 000 *t* de fonte au bois et de les affiner, nos forêts suffisaient à peine ; que serait-ce s'il fallait demander à des forêts le combustible nécessaire à l'activité industrielle actuelle ?

A poids égal, le charbon de bois et la houille ordinaire, ont sensiblement le même pouvoir calorifique. Pour produire 1 000 *kg* de charbon de bois, il faut en moyenne de 8,50 m^3 de bois ; or un hectare de forêt en plein rapport ne produit pas en moyenne plus de 3,50 m^3 de bois par an.

Il faut donc environ 2,50 *ha* de surface boisée pour obtenir, en moyenne par an, 1 000 *kg* de charbon de bois. Pour obtenir avec le charbon de bois fourni par des forêts, la même quantité de chaleur que celle fournie par les 36 millions de tonnes de houilles nécessaires aux besoins de la France, il faudrait donc avoir en exploitation en France ou dans les pays tributaires de la France, à ce point de vue, 90 millions d'hectares de forêts, c'est-à-dire 10 fois la surface de nos forêts françaises et deux fois la surface cultivable de notre sol. Ce simple calcul montre ce que la France doit à ces quelques milliers d'hectares de gites houillers.

Les 26 millions de tonnes que fournit notre sol français sont produits sur une surface de concessions exploitées de 350 000 *ha* environ ; c'est-à-dire qu'un hectare de concession exploitée produit en moyenne 75 000 *kg* par an. Un hectare de concession exploitée équivaut donc annuellement, au point de vue de la

(1) Existant vers 1835-1845.

puissance calorifique du combustible produit, a près de 300 *ha* de forêts en plein rapport.

Dans bien des concessions houillères, on constate une puissance exploitable de 30 *m* de charbon, ce qui revient à dire qu'un hectare contient sous lui 400 000 *t* de houille ; alors qu'à sa surface il n'arriverait à produire que la quantité de bois susceptible de donner 400 *kg* de charbon de bois par an. Cette puissance calorifique accumulée souterrainement sous cet hectare, il faudrait, dans les conditions actuelles de notre climat et de notre végétation, un million d'années pour la fournir par nos forêts.

Ces quelques chiffres comparatifs font, avec quelque vigueur, saisir ce qu'est réellement cette richesse souterraine ; et on comprend que ces puissantes couches de houille sont bien réellement un trésor, plus grand que tous les autres trésors que nous a réservés si généreusement la nature.

Nous en avons assez dit pour montrer l'abîme qui séparera toujours un peuple réduit à ne chercher ses forces motrices que dans ses forêts, d'un peuple qui a en réserve, dans son sous-sol, cette énergie accumulée.

Après cette période de 30 ou 40 ans où les pays houillers ont joui d'une situation tout à fait exceptionnelle, nous entrevoyons, grâce aux progrès de l'électricité, et surtout du transport de l'énergie électrique, une évolution qui diminuera sensiblement l'état d'infériorité des pays qui, à défaut de houilles, sont dotés par la nature de puissantes forces hydrauliques ; mais si, pour certains usages, ces pays pourront cesser d'être tributaires des pays houillers, ils n'en seront cependant pas moins obligés de continuer à recourir, dans une proportion plus ou moins forte, à cette source de force.

Cette utilisation progressive de forces naturelles d'un autre ordre aura tout au moins l'avantage de ralentir quelque peu l'accroissement de la consommation, et de prolonger sensiblement la durée des richesses houillères des divers pays.

Notre pays, malheureusement, n'est que dans une bien faible mesure, de ceux qui peuvent compter sur leurs forces hydrauliques pour parer à l'insuffisance de la production houillère. L'irrégularité du régime des sources appauvries par des déboisements irrationnels sera le plus souvent un obstacle irrémédiable, pour de longues années tout au moins, à la création de puissants ateliers de production des forces hydrauliques.

Pour longtemps donc nos industries devront presque exclusi-

vement compter sur la houille ; cette conclusion justifie l'étude détaillée que nous allons maintenant poursuivre.

Production houillère de la France depuis le commencement du siècle (tableau II). — A peine supérieure à 750 000 *t* vers 1810-1815, la production houillère n'a progressé que bien lentement jusqu'après 1830. La courbe que trace à nos yeux la figure 3 *(Pl. 132)* est des plus intéressantes.

L'histoire politique et économique de notre pays s'y retrouve nettement tracée par la succession irrégulière des gradins.

Les trois révolutions de 1830, 1848, 1870, se retrouvent par leurs effets. Une seule période est caractérisée par un progrès continu de quelque régularité : c'est celle qui s'étend de 1859 à 1868 ; c'est la période des traités de commerce qui donnèrent un si grand développement à la richesse de notre pays.

Depuis lors, notre pays est entré dans une période quelque peu convulsive. 1872, 1880, 1890 sont des années de brusque développement bientôt suivi de réaction.

En somme, dans les trente dernières années, l'augmentation moyenne annuelle de production a été de 500 000 *t*. Mais, bien loin d'être régulière, elle a été, dans certaines années, 1872, 1880, 1890, 1894, de 2 millions à 2 millions et demi de tonnes. Ces grands accroissements n'ont pas été réellement heureux, car ils ont eu chaque fois comme contre-coup des baisses inusitées de prix de vente, suivies de baisse de salaires, de grèves et de difficultés de tous genres.

Principaux bassins houillers français (tableaux II, III, IV). — Quel est le rôle des diverses parties de la France dans cette production ?

Pour nous en rendre compte, jetons un rapide coup d'œil sur une carte de France *(Pl. 132, fig. 2)*.

Nous avons en France *six districts houillers principaux :*

Districts.	Production approximative en 1893-1894.
Nord et Pas-de-Calais	14 000 000 *t*
Loire	3 500 000
Gard	2 000 000
Bourgogne et Nivernais (Saône-et-Loire)	2 000 000
Tarn et Aveyron	1 400 000
Bourbonnais	1 100 000

Et six districts secondaires :

Districts.	Production approximative en 1892-1893.
Auvergne { Brassac . . . . . Champagnac . . . . . }	325 000 *t*
Vosges (Ronchamp)	225 000
Hérault (Graissessac).	205 000
Creuse et Corrèze (Ahun, etc.)	205 000
Les Alpes (la Mure, etc.)	165 000
L'Ouest (Sarthe, Mayenne, etc.)	145 000

Nous devons citer à part l'important bassin de lignites des Bouches-du-Rhône qui produit à lui seul 450 000 *t.*

A ce développement de production a correspondu une augmentation constante de la population ouvrière (sans cependant qu'il y ait eu de proportionnalité entre les variations de tonnage et de personnel) ; en effet, les améliorations de tous genres, les perfectionnements apportés aux moyens de transport intérieur, l'aérage, devenu dans presque tous les chantiers assez parfait pour que l'ouvrier ne soit à aucun moment gêné et affaibli par le manque d'air, toutes ces conditions réunies ont augmenté dans de fortes proportions la production par homme et par an.

Les différents graphiques, la figure 4 *(Pl. 132)* montrent d'un coup d'œil le rôle relatif des divers districts houillers aux mêmes époques, et les chiffres ci-dessous complètent ces indications.

PRODUCTION DES PRINCIPAUX DISTRICTS HOUILLERS

(En milliers de tonnes).

DISTRICTS	1830	1847	1859	1869	1880	1891
Nord et Pas-de-Calais. .	494	1 246	2 044	4 336	8 546	13 486
Loire	806	1 710	2 040	3 070	3 588	3 823
Gard.	44	460	860	1 340	1 936	2 192
Bourgogne et Nivernais.	110	592	722	1 140	1 548	1 977
Tarn et Aveyron	51	267	452	711	986	1 552
Bourbonnais	4	225	545	1 115	967	1 119
PRODUCTION TOTALE. .	1 863	5 153	7 483	13 464	19 362	26 025

En 1830, la production houillère n'atteignait même pas 1 900 000 *t.* La Loire fournissait à elle seule près de moitié de ce combustible;

le département du Nord produisait environ 500 000 *t*, tandis que le Pas-de-Calais n'était encore qu'un département purement agricole; si l'on en exceptait les mines de Saône-et-Loire qui extrayaient un peu plus de 110 000 *t*, les autres mines n'étaient encore que de faible importance; quelques-unes de celles qui devaient rapidement se développer, comme Commentry, étaient à peine connues; cette dernière produisait moins de 4 000 *t*.

Passons à la fin de la monarchie de Juillet, en 1847, la production houillère a triplé, elle atteint 5 150 000 *t*. Les bassins du Nord, de la Loire, de Blanzy ont crû à peu près dans la même proportion, et ont tous les trois triplé leur production. Tandis que d'autres vivotent encore, deux nouveaux centres houillers ont pris pendant cette période une importance considérable : le Gard qui a décuplé sa production et est arrivé à fournir plus de 450 000 *t*; Commentry qui dépasse 200 000 *t*.

Dès cette époque, le développement d'un des grands bassins houillers, celui de la Loire, se ralentit; tandis qu'au contraire vers 1854-1855 entre en ligne un nouveau district houiller dont la production, nulle en 1850, dépasse actuellement 10 millions de tonnes : c'est le Pas-de-Calais.

La marche, de dix en dix ans, du développement des trois grands bassins français est caractéristique.

	Loire.	Nord.	Pas-de-Calais.
	Mille tonnes.	Mille tonnes.	Mille tonnes.
1850	1 550	1 000	19
1860	2 040	1 595	590
1870	3 350	2 418	1 895
1880	3 588	3 702	4 844
1890	3 587	5 135	9 077

Ainsi en quarante ans :

la Loire a un peu plus que *doublé* sa production,
le Nord a *quintuplé* sa production,
le Pas-de-Calais, partant de zéro, avait déjà, en 1890, dépassé 9 millions de tonnes, c'est-à-dire produisait, à lui seul, plus que les deux bassins rivaux.

L'examen, même rapide, des courbes de la figure 4, donne, mieux que des chiffres et des développements, l'impression très nette de l'avenir probable des divers bassins.

En dehors du Nord et surtout du Pas-de-Calais, les progrès à espérer sont faibles.

La Loire paraît avoir dépassé son maximum de production, et si ce bassin ne décroîtra pas de suite, tout au moins ne peut-il que maintenir sa clientèle ancienne.

Le Gard croît, lui aussi, bien lentement avec une production qui depuis dix ans oscille autour de 2 millions de tonnes.

Le développement donné aux *mines de Blanzy* a porté la production du *groupe de la Bourgogne et du Nivernais* jusque bien près de 2 millions de tonnes; mais cette augmentation fournie par un seul groupe de concessions, dans une région très restreinte, ne peut non plus donner de grandes espérances.

Le *Tarn* et l'*Aveyron* (Carmaux et Decazeville) sont en progression continue et finiront sans doute par produire 2 millions de tonnes; mais la difficulté du placement de ces combustibles dans une région essentiellement agricole, privée de tous moyens économiques de transports, complique singulièrement le problème.

Le sixième et dernier des bassins houillers de quelque importance, est un vénérable vieillard, encore robuste, mais qui sent déjà approcher l'âge de l'affaiblissement et de la décrépitude: c'est celui du *Bourbonnais*.

Le maximum de 1 300 000 *t* a déjà été atteint il y a vingt ans, et c'est péniblement que la production se tient encore au-dessus d'un million.

Cette revue est quelque peu attristante; car si l'on fait abstraction de ce lambeau houiller situé à l'extrême frontière nord, la France n'a chez elle que de vieux bassins bien près de leur pleine production, qui, à eux tous, produisent péniblement 12 millions de tonnes, le tiers à peine des besoins du pays.

Dans tous les districts anciens, Gard, Loire, Tarn et Aveyron, Bourbonnais, Bourgogne, le nombre des concessions exploitées est en diminution; et ce phénomène se produit même dans les deux districts si prospères du Nord et du Pas-de-Calais.

Que peut-on en conclure, sinon que, depuis une trentaine d'années, l'exploration du sol de notre pays, au point de vue des richesses houillères, est bien près d'être achevée; ni l'augmentation de la demande, ni les périodes de hausses de prix, n'ont pu amener la mise en exploitation de nouveaux gîtes. Il est certainement prématuré de dire qu'on ne doit plus espérer de nouvelles découvertes; la science géologique n'a pas dit son dernier mot, et des études comme celles de M. Marcel Bertrand, des sondages

hardiment entrepris, comme ceux de M. Breton vers Gravelines, peuvent donner des résultats ; mais de grands espoirs paraissent quelque peu excessifs.

Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais *(Pl. 133, fig. 5, 6 et 7)* (Tableaux V, VI). — Puisqu'un bassin houiller français a une importance si prépondérante, nous ne saurions passer outre sans jeter un rapide coup d'œil sur lui : c'est celui du Nord et du Pas-de-Calais.

Exploitées d'ancienne date, le long de leurs affleurements en Westphalie et en Belgique, les couches houillères disparaissaient en approchant de la frontière française ; aussi est-ce seulement vers 1720, que la première exploitation fut ouverte à Fresnes. Quelques années plus tard (1734) les recherches étaient couronnées de succès à Anzin et il n'y a guère plus d'un siècle à Aniche. Il faut ensuite sauter jusqu'à 1846, pour voir les recherches réussir avec quelque succès au delà de Douai. Mais aussi quel rapide développement depuis lors, puisque ce département du Pas-de-Calais, où la houille n'a été entrevue qu'en 1846, en produit actuellement plus de 10 millions de tonnes par an.

De récentes découvertes de couches houillères dans les terrains crétacés aux environs de Douvres ont achevé de jalonner cet immense bassin qui depuis Hamm, Unna et Kamen, à l'est de Dortmund, s'étend vers Bochum et Essen, franchit le Rhin vers Ruhrort, se poursuit vers Aix-la-Chapelle, traverse la Belgique de Liège par Charleroi jusqu'à Mons, coupe les départements du Nord et du Pas-de-Calais, de Vieux-Condé par Douai et Béthune, jusqu'à Fléchinelle, puis se retrouve au delà de la Manche vers Douvres, pour se continuer, avec une importance qu'un avenir prochain fera sans doute connaître, au travers des comtés de Kent et de Surrey, et se relie aux grandes masses houillères actuellement connues du Gloucestershire, du Somersetshire et du pays de Galles.

Dans le département du Nord, nous trouvons tout d'abord les huit concessions contiguës d'Anzin (28 000 *ha*) qui forment peut-être encore le plus grand domaine houiller européen *(fig. 5)*. Commencés en 1720, les travaux furent peu importants pendant les trente-cinq premières années, et, quand se constitua la Compagnie d'Anzin, en 1757, la production était à peine de 100 000 *t*. Le développement de la production fut lent, mais régulier jusqu'à la période des grandes guerres de la Révolution. L'extraction avait

atteint 310 000 *t* en 1790; elle tomba à 65 000 *t* en 1794, et ce n'est qu'en 1818 que la production de 300 000 *t* est de nouveau atteinte.

Dix ans plus tard, en 1827, la production est de 400 000 *t*. Dès lors, la production augmente plus rapidement.

En 1830, elle est de	. . . . .	508 000 *t*
1836,	—	623 000
1839,	—	707 000
1846,	—	803 000
1855,	—	947 000
1863,	—	1 053 000

A partir de ce moment l'accroissement est beaucoup plus rapide.

Dix ans plus tard, en 1872, la production est de 2 196 000 *t*; en 1890, elle dépasse 3 millions de tonnes, et a été de 2 863 000 *t* en 1894.

Une autre Compagnie, d'une importance considérable, qui possède près de 12 000 *ha*, s'étend entre la Compagnie d'Anzin et la limite du Pas-de-Calais, c'est celle d'Aniche *(fig. 5)*. Datant de 1774, cette exploitation n'a commencé à donner quelques résultats économiques qu'après 1836, soit plus de soixante ans après sa création.

Ces deux puissantes Compagnies d'Anzin et d'Aniche, souvent citées en raison de leur richesse, devraient plus justement être citées en raison de la persévérance avec laquelle les fondateurs et leurs héritiers ont accumulé sacrifices sur sacrifices, pour arriver à mettre en valeur ces richesses souterraines, qu'on représente volontiers aujourd'hui comme une fleur qu'il suffit de se baisser pour cueillir.

Que de ruines, au contraire, et de labeur ingrat avant que soit venu le jour de la prospérité ! Il faut avoir entendu des doyens comme M. Vuillemin, le directeur d'Aniche, et M. Chalmeton, le directeur des mines de Bessèges, pour comprendre la distance qui sépare la légende actuelle de la réalité des faits et des luttes.

Par trois séries de cercles dont la surface est proportionnelle à la production, nous avons, pour chaque concession, tenté de faire apparaître à première vue la rapidité des progrès réalisés.

La croissance des houillères du Nord paraît presque lente dès que, passant la limite du département, nous arrivons dans le Pas-de-Calais *(fig. 6 et 7)*. Tandis qu'Anzin et Aniche ont à peu près triplé leur production en trente-cinq ans (1860 à 1894), et

que l'Escarpelle a sextuplé son extraction, nous voyons Courrières, Lens, Bruay, Béthune qui ont porté leur production à quinze et vingt fois ce qu'elle était en 1860, et certaines Compagnies, comme Liévin, qui produit actuellement près de 800 000 *t*, en étaient encore il y a trente ans aux travaux préparatoires.

Il ne faut pas avancer de bien des kilomètres vers l'ouest pour sortir de la zone riche, et rencontrer une série de concessions où millions après millions ont été enterrés sans qu'on ait trouvé plus que des lambeaux irréguliers.

Au sud et au nord de cette zone riche, que de sondages inutilement poussés à la recherche de ces précieuses couches, dont l'allure capricieuse n'a été comprise qu'après bien des déboires; et maintenant encore, le problème du prolongement du bassin et de ses relations avec les bassins anglais, après avoir exercé la sagacité de nos géologues théoriciens, semble ne devoir être résolu qu'au prix de coûteuses recherches et de sacrifices nombreux.

Concessions exploitées. — Concessions inexploitées (tableaux VI; VII, 2°; XIV). — Les résultats si brillants obtenus, en quelques années, par des Compagnies comme Lens, Courrières, Marles, Bruay et Béthune, ont créé une sorte de légende. S'il fallait s'en rapporter au bruit public, l'État, en attribuant une concession houillère, distribuerait une source inépuisable de richesses et créerait une nouvelle catégorie de privilégiés; mais ces rares succès ne doivent pas faire oublier le sort autrement modeste de la plupart des propriétés houillères.

Ces propriétés, connues sous le nom de *concessions*, qui leur a été attribué par la loi de 1810, ne sont constituées par décret qu'après justification simultanée de l'existence d'un gîte minéral et de la capacité du demandeur en concession pour sa mise en valeur. Il semblerait donc que des propriétés dont la constitution est entourée de tant de garanties, doivent nécessairement être utilement et avantageusement exploitables. Mais que de déceptions ont produit les travaux ultérieurs! Chaque année, de nouvelles concessions sont instituées; depuis 1855, le nombre des concessions de combustibles minéraux qui ont été accordées a été de plus de 180, et pourtant le nombre des concessions exploitées est sensiblement le même en 1893 et en 1855 (298 et 290). Tous les capitaux employés pour étudier ces 180 gisements, pour tenter leur mise en valeur, ont donc été dépensés en *pure perte* puisqu'il a fallu arrêter les travaux.

Si l'on voulait faire le compte des pertes, il ne faudrait pas seulement chiffrer les millions dépensés dans toutes ces concessions abandonnées ; il faudrait tenir compte du nombre, beaucoup plus considérable encore, des demandes en concession qui ont été appuyées par des travaux de recherches, poursuivis souvent pendant des années et qui n'ont pas abouti.

Sur 636 concessions existant en 1893, 301 seulement ont été exploitées plus ou moins activement dans cette même année, et, sur ce nombre, le service des mines n'a constaté que 151 concessions ayant fait des bénéfices, tandis que, pour 150 concessions, l'examen des comptes a fait constater un exercice se soldant en perte *(Pl. 133, fig. 8)*.

Il n'y a donc pas même le quart des concessions instituées dans lesquelles il soit réalisé des bénéfices ; et ces bénéfices eux-mêmes sont en décroissance.

Quoique de 1872 à 1893, la production houillère ait augmenté de plus de 10 millions de tonnes, le revenu net imposable n'a été en progrès que très exceptionnellement (pendant les deux années 1890 et 1891) ; il ressort du tableau VII, 1°, que le revenu net, imposable, par tonne de houille produite, qui était supérieur à 2,70 *f* vers 1860 et avait déjà baissé à 2,25 *f* en 1872, n'est plus même de 1,35 *f* en 1893, c'est-à-dire qu'il n'est plus estimé qu'à la moitié de celui admis il y a trente ans ; et pourtant il ne paraît pas excessif de dire que la recherche de la matière imposable est devenue singulièrement plus sévère et minutieuse pendant cette même période.

Distribution des combustibles minéraux. — Il est peu de cartes plus intéressantes que celles *(Pl. 134, fig. 10, 11, 12 et 13)* qui nous montrent l'étendue du marché de chacun des producteurs houillers étrangers, et les variations dans la distance parcourue dans un sens ou dans l'autre, suivant les modes de transport qui sont à la disposition de nos concurrents.

Les départements qu'alimentent les *houilles belges (fig. 12)* sont surtout ceux parcourus par des voies navigables en rapport avec le réseau des canaux belges ; non pas, certes, que tous ces charbons suivent la voie d'eau ; mais cette concurrence sans cesse menaçante a, peu à peu, fait instituer dans toute cette région, soit sur la Compagnie du Nord, soit sur celle de l'Est, des tarifs particulièrement réduits dont ne jouissent pas les localités éloignées de toute voie navigable. Ces tarifs intérieurs combinés avec des tarifs d'expor-

tation existant sur les réseaux étrangers, ont réalisé une concurrence que nos houillères peuvent difficilement enrayer.

L'amélioration des canaux, la suppression très peu justifiée des péages ont été autant de primes à l'importation des combustibles étrangers ; et il est peu de travaux qui ait, autant que l'amélioration de la Seine jusqu'à Paris, contribué au développement du commerce des *houilles anglaises* jusqu'au centre de notre pays *(fig. 11)*.

La création tout le long de nos côtes de ports en eau profonde où peuvent aborder et décharger, avec des frais très réduits, les charbonniers anglais, expliquent cet envahissement de toutes nos côtes, de la Manche, de l'Océan et de la Méditerranée par les houilles anglaises.

Sous certains rapports, il pourrait paraître excessif de regretter ces introductions de houille dans ceux de nos départements que leur extrême éloignement de tout bassin houiller français, avait jusqu'ici privé de cet élément essentiel de développement industriel. Certaines objections ont cependant une réelle valeur. Est-il possible de voir, sans quelque préoccupation, toute une série de nos départements ne dépendre que de l'Angleterre pour leurs combustibles ? et est-il excessif d'avoir quelque appréhension sur l'état où une guerre maritime jetterait ces départements qui, comme le Calvados, l'Ille-et-Vilaine, les Côtes-du-Nord, le Morbihan, la Loire-Inférieure, la Charente-Inférieure, les Landes reçoivent 95 à 90 0/0 de leur combustible d'Angleterre. Que deviendrait notre flotte de commerce dans les ports du Havre, de Nantes, de Saint-Nazaire, de la Rochelle, de Bordeaux, d'Alger et d'Oran, le jour où les dépôts de charbons anglais ne seraient plus alimentés par des arrivages journaliers ?

L'abaissement des frets maritimes n'a pas seul contribué à cette situation. Nous avons singulièrement aggravé les effets de cette baisse par les transformations effectuées depuis une vingtaine d'années dans tous nos ports du littoral océanien.

On peut à juste titre se demander s'il a été et s'il est juste et sage d'exempter ces importateurs de toute participation aux dépenses de création de nos ports et de nos bassins ; est-il de bonne administration de faire supporter aux seuls contribuables français de lourdes dépenses de travaux publics, qui ne servent guère qu'à nos concurrents anglo-saxons. Ne fallait-il pas au moins réaliser, avant tout, ceux des travaux qui, comme le grand canal du Nord, devaient surtout profiter à nos nationaux ? Pourquoi ces travaux-là n'ont-ils jamais obtenu les faveurs de nos législateurs,

alors qu'ils votaient sans hésiter celles des dépenses qui constituaient autant de primes à nos concurrents.

Autrefois, dans bien des ports du littoral, ne pouvaient entrer que des voiliers de faible tonnage. Maintenant peuvent y entrer des vapeurs de 1 200 à 2 000 *tx*, qui, grâce à leur équipage excessivement réduit et à leurs machines et chaudières perfectionnées, arrivent, avec bénéfice suffisant, à faire des transports qui eussent paru impossibles il n'y a que quelques années.

Prenons quelques exemples :

De *Cardiff* au *Havre*, la distance est d'environ 730 *km*.

Vers 1861 (au moment où se négociait le traité de commerce avec l'Angleterre), on comptait sur un fret de 11 à 12 *f* (0,017 *f* par tonne kilométrique).

En 1891, le fret était de 7,50 *f* (soit 0,01 *f* par tonne kilométrique) ; en 1894, il n'a plus été que de 4,75 *f* (soit 0,007 *f* par tonne kilométrique). Comme faveur spéciale, il a été concédé, des *houillères du Pas-de-Calais* et *du Nord* sur *le Havre*, pour les charbons d'exportation et d'emploi pour vapeurs, un prix de 8 *f* par onne qui correspond à 0,027 *f* à 0,028 *f* par tonne kilométrique. Pour *Rouen*, malgré les dangers et la lenteur de la navigation de la Seine, le fret maritime depuis Cardiff ne dépasse pas actuellement ce même taux de 0,007 *f* par tonne kilométrique (6,50 *f*, — 6,75 *f*).

Pour *le Mans*, les charbons anglais venant par Saint-Malo arrivent en 1894, avec un prix de transport kilométrique moyen (par mer et par voie ferrée) de 0,015 *f* au départ de Cardiff, et de 0,011 *f* au départ de Newcastle, tandis que les charbons français qui arrivent entièrement par voie ferrée payent environ 0,03 *f* par tonne kilométrique.

Si l'on peut demander aux Compagnies de faire encore des concessions, il n'est cependant pas possible de pouvoir jamais espérer qu'elles descendent au-dessous de leurs frais de traction.

Pour *Nantes* et *Saint-Nazaire*, les Compagnies de chemins de fer ont descendu leurs tarifs jusqu'à une limite qui paraît difficile à dépasser (0,02 *f* par tonne kilométrique), et malgré cela les transports sont encore presque le double de ceux payés par tonne de combustible anglais.

Le fret de *Cardiff* sur *Saint-Nazaire* est tombé de 6,50 *f* en 1891 à 4,75 *f* en 1894, c'est-à-dire de 0,0085 *f* à 0,0062 *f*.

Le fret de Newcastle est encore bien plus bas, ce qui se justifie par la distance plus grande (1 400 au lieu de 750 *km*) et on note

0,0040 à 0,0035 *f* par tonne kilométrique (5,75 *f* en 1891 et 5,05 *f* en 1894).

Pour *Bordeaux* depuis *Cardiff*, le fret était en 1861 d'environ 12,50 *f* (0,014 *f* par tonne kilométrique), il est tombé en 1891 à 6,50 *f* (0,006 *f* par tonne kilométrique), et s'est réduit en 1894 à 5 *f* (0,0048 *f* par tonne kilométrique).

De *Cardiff* sur *Marseille*, le fret, de 22 *f* en 1861 est tombé à 9,50 *f* en 1891 (0,0027 *f* par tonne kilométrique), et à 7 *f* en 1894 (0,0020 *f* par tonne kilométrique).

De *Newcastle* à *Marseille* pour une distance de 4 350 *km*, le fret n'a été en 1894 que de 6,65 *f* (0,0015 *f* par tonne kilométrique).

A titre de curiosité, nous avons calculé, *au départ de Cardiff*, le fret pour une série de ports de *l'Extrême-Orient*; nous voyons pour les Indes (Bombay, Singapour), le fret tomber par le Cap à 0,0006 *f* et par Suez à 0,0009 *f* par tonne kilométrique.

C'est sur une base peu différente que nos voisins calculent le fret pour aller approvisionner leurs dépôts de Maurice et de la Réunion.

CALCUL DU PRIX DE TRANSPORT DE LA TONNE KILOMÉTRIQUE DE HOUILLE AU DÉPART DE CARDIFF

DESTINATION	DISTANCE EN KILOMÈTRES		FRET MOYEN	FRET PAR TONNE KILOMÉTRIQUE	
Gibraltar	2 111		6,85 *f*	0,0030 *f*	
Alger	3 419		7 »	0,0024	
Marseille	3 419		6,75	0,0019	
Malte	4 157		6 »	0,0014	
Port-Saïd	5 685		6,75	0,0011	
Aden	8 300		10 »	0,0012	
	Par le Cap	Par Suez		Par le Cap	Par Suez
Bombay	19 764	11 323	11,25	0,0006	0,0009
Singapour	21 535	14 939	13,10	0,0006	0,0009
Hong-Kong	24 064	17 566	21,25	0,0008	0,0012
La Réunion	15 119	12 745	13,75	0,0009	0,0010
Maurice	15 380	12 675	15 »	0,0009	0,0011
Tamatave	15 010	12 375	»	»	»
Rio-de-Janeiro	9 171		17,50	0,0018	
Buenos-Ayres	11 375		15 »	0,0013	
Le Callao	9 835		»	»	
Nagazaki	25 633	19 531	20,60	0,0008	0,0010

Le fret pour ces destinations est de 15 *f* par tonne. Quand on sait les prix qu'ont pu demander nos armateurs français pour aller

approvisionner de houille notre flotte de guerre devant Madagascar, on comprend la faveur avec laquelle étaient accueillies les offres de nos concurrents.

Mais aussi, il ne faut pas oublier que tous ces prix de fret ne peuvent être ainsi réduits que grâce à des combinaisons commerciales, qui assurent à ces navires des frets de retour avantageux en matières d'un prix plus élevé susceptible de supporter un prix de transport moins réduit.

Consommation des combustibles par départements. — La figure 10 nous permet de nous rendre compte, d'un rapide coup d'œil, du rôle des houillères dans le développement de l'industrie.

Nous pouvons diviser nos départements français au point de vue de la consommation houillère en quatre catégories; dans la première catégorie, nous groupons ceux des départements qui consomment plus d'un million de tonnes de houille.

Le Nord.	6 068 000 *t*		
La Seine.	3 694 000	15 350 000 *t*	
La Meurthe-et-Moselle.	2 994 000		21 697 000 *t*
Le Pas-de-Calais . . .	2 594 000		
La Loire.	1 399 000		
La Seine-Inférieure . .	1 390 000		
La Saône-et-Loire. . .	1 238 000	6 347 000	
Le Rhône	1 230 000		
Les Bouches-du-Rhône	1 090 000		

Ces neuf départements, qui consomment à eux seuls plus de moitié de la quantité totale de houille utilisée en France, sont, les uns riches par leur industrie métallurgique (Meurthe-et-Moselle, Nord, Loire, Saône-et-Loire), d'autres par les industries diverses (Nord, Seine, Rhône), d'autres enfin sont à la fois des pays de grande industrie, et les ports d'attache de nos grandes lignes de navigation (Seine-Inférieure et Bouches-du-Rhône).

Dans un second groupe, nous réunissons les départements qui, sans être industriels dans toutes leurs parties, ont tout au moins l'avantage de posséder certains centres industriels (Seine-et-Oise, Aisne, Somme, Gard, Allier, Ardennes, Isère, Loire-Inférieure, Marne, Oise, Gironde). De ces onze départements, trois doivent surtout leur prospérité à la métallurgie (Gard, Allier, Ardennes), deux à l'existence de grands ports de deuxième ordre (Loire-Inférieure, Gironde). Pour les autres, la consommation houillère se

partage entre certaines industries agricoles (telles que les sucreries) et des industries diverses (laines, cotons, etc.).

Ces vingt départements utilisent ensemble plus de 28 millions de tonnes de houille, c'est-à-dire plus des trois quarts de la consommation totale du pays.

Passant sans nous y arrêter par-dessus la grande catégorie des départements à consommation moyenne, nous en arrivons à ces départements montagneux où la houille n'a encore trouvé que de bien faibles débouchés (Corrèze, Lot, Cantal, Tarn-et-Garonne, Hautes-Pyrénées, Haute-Savoie, Hautes-Alpes, et surtout Basses-Alpes, Gers et Lozère, ces trois derniers départements avec des consommations inférieures ou à peine supérieures à 10 000 *t*).

Un simple rapprochement de cette carte générale de consommation *(fig. 10)* et des cartes de consommation des combustibles étrangers *(fig. 11, 12, 13)* montre que si la houille anglaise peut être dans une grande partie de la France regardée comme un complément nécessaire, presque indispensable pour notre prospérité nationale, telle n'est pas la conclusion à tirer de l'introduction des houilles allemandes et belges.

Les importations de ces deux pays pénètrent dans des régions qui reçoivent facilement par voie ferrée, et souvent aussi par eau, les combustibles français.

Pourquoi donc cette introduction de près de 7 millions de tonnes de houilles allemandes et belges *(fig. 9)* ? Les raisons sont très diverses ; à la fois d'ordre technique, administratif et social.

1° *D'ordre technique*, car certains combustibles belges et allemands ont une réputation plus ou moins justement acquise ; et, il faut bien le dire, plusieurs des Compagnies houillères de ces deux pays, heureusement inspirées par des vues commerciales très justes, ont, par des classifications, des triages, des lavages très soignés, présenté des assortiments d'un emploi réellement économique ; sous ce rapport, nous nous sommes laissés dépasser ; mais il y a remède, et remède facile à pareil mal.

2° *D'ordre administratif*, car dans les deux pays, des groupements syndicaux très puissants et habiles n'ont reculé devant aucun sacrifice pour placer au delà des frontières l'excédent de leur production. Les frais qui chargent lourdement chacune de nos houillères, qui toutes se font une ardente concurrence, sont supportés en commun par nos rivaux et les grèvent individuellement dans des proportions bien moindres.

3° *D'ordre social*, car il faut bien le reconnaître, les continuelles

agitations entretenues par les meneurs socialistes dans nos bassins houillers, n'ont pas été sans préoccuper nos grandes administrations que des traités, accompagnés de cahiers des charges très sévères, obligent à assurer quand même des services publics. Compagnies de chemins de fer, Compagnies de gaz, Compagnies de navigation sont ainsi amenées à répartir leurs fournitures, pour assurer la continuité des arrivages. Ce sont certainement plusieurs centaines de mille tonnes de consommation que cet état d'agitation chronique fait perdre à la France au profit des pays voisins du nôtre.

Nos législateurs, en élevant un obstacle presque absolu aux ententes commerciales et aux syndicats, et en favorisant les agitations socialistes, contribuent certainement pour plus d'un million, sans doute même pour plus de 1 500 000 *t* à l'entrée des combustibles étrangers aux dépens des combustibles français.

Si, renonçant à ébranler les bases de la propriété minière en voulant « *réformer* » la loi de 1810, nos législateurs tournaient leur attention vers une modification de la législation commerciale, ayant pour but de laisser les producteurs français opposer des syndicats aux syndicats étrangers, et s'ils attachaient quelque peu d'importance à la protection de la liberté du travail, nous verrions rapidement diminuer les demandes adressées aux producteurs étrangers, et s'ils se décidaient à entreprendre, ou même simplement à laisser les exploitants développer, à leurs risques et périls, de grands travaux publics entre les centres houillers et Paris, on verrait certainement la production de nos combustibles français se développer assez pour réduire à moins de 6 millions de tonnes les importations étrangères.

Prix moyen de vente sur les lieux de production et de consommation (Tableau VIII). — Si la production augmente, le prix moyen de vente des combustibles sur les lieux de production, après avoir subi des variations diverses, se retrouve en 1893 sensiblement ce qu'il était vers 1860, et à peine supérieur d'un franc à ce qu'il était entre 1815 et 1825.

Les salaires ont triplé dans l'intervalle, et pourtant les prix de vente ont pu être maintenus; c'est qu'en effet les producteurs se sont ingéniés par des progrès techniques à contre-balancer la hausse continue des salaires et des matières employées, et qu'ils ont sacrifié également une large part de leurs bénéfices.

L'écart entre le prix de consommation moyen en France, et le

prix de vente sur place a baissé aussi; de 12 à 13 *f* vers 1850, l'écart est tombé à 8,50 *f* et pourtant combien est plus grande la distance moyenne parcourue maintenant, comparativement à ce qu'elle était il y a quarante ans.

Cet écart est encore trop élevé; et, nous l'avons vu, l'existence de cet élément excessif de transport contribue pour une large part au rôle que les combustibles étrangers jouent encore dans l'alimentation des industries françaises.

Emploi des combustibles. — Ces quantités de houilles, *à quoi servent-elles?* Tout d'abord à actionner les nombreux appareils des *mines elles-mêmes*. Il y a de ce fait une consommation de 2 200 000 *t*.

Les *usines métallurgiques* consomment plus de 6 millions de tonnes, dont 3 600 000 *t* au moins, sous forme de coke.

Les *chemins de fer* emploient près de 4 millions et demi de tonnes.

Les *chaudières à vapeur* se sont développées parallèlement à la production houillère. Nous le voyons par les courbes de la figure 14 *(Pl. 135)*.

Les données relatives aux *locomotives* sont peut-être plus curieuses encore, car elles montrent l'augmentation constante et rapide de puissance des machines locomotives. Ce fait ressort de l'espacement croissant de la courbe du nombre et de celle de la puissance des locomotives *(fig. 14)*.

Accidents dans les mines. — Nous aurions fini s'il suffisait d'outils, de machines et de poudre pour produire toute cette houille.

Il faut l'activité humaine, l'intervention de l'homme pour obtenir ces résultats; et, dans cette lutte de tous les jours contre la matière, les victimes sont fréquentes; et des sinistres, malheureusement encore assez nombreux, viennent de loin en loin répandre sur les mines un voile de tristesse et même une réputation d'extrême danger.

La courbe ci-jointe *(fig. 15)* nous montre que si les accidents mortels se répètent, du moins ils se répètent de plus en plus rarement.

De distance en distance, les grandes explosions de grisou laissent leur trace lugubre. Mais il est tout au moins consolant de voir que les efforts de la science ne sont pas inutiles et que les travaux sur le grisou, et les explosifs de sûreté, ont eu pour ré-

sultat de supprimer tout accident mortel de grisou en 1892, 1893 et 1894.

Cet heureux triennat ne s'est malheureusement pas continué, mais au moins est-il bon de reconnaître que l'accident récent est dû, non à du grisou, mais à un de ces incendies si difficiles à éviter dans l'exploitation des couches puissantes.

Conclusion. — Ce rapide coup d'œil sur l'industrie houillère nous conduit à conclure :

a) Que notre pays possède encore pour de longs siècles des richesses houillères considérables;

b) Que quelques améliorations qui mettraient aux mains de nos exploitants les mêmes armes commerciales dont nos concurrents usent si habilement contre nous, donneraient une vive impulsion à notre production, surtout si la fixité des conventions avec les ouvriers était mieux garantie qu'elle ne l'est actuellement;

c) Que celles des parties de notre pays qui sont privées de combustible et trop éloignées pour recevoir par terre cette matière essentielle à prix suffisamment réduit, la reçoivent, par voie de mer, d'un pays voisin, dans des conditions sans cesse améliorées;

d) Que les progrès techniques de l'exploitation des mines et des chemins de fer permettent à toutes les industries de s'approvisionner à des prix toujours de plus en plus avantageux;

e) Et que ces mêmes progrès techniques ont aussi pour résultat une dépense de vies humaines sans cesse décroissante.

TABLEAU I. — **Données générales de statistique houillère.**

FRANCE 1893

Production	25 651 000 *t*
Importation	11 400 700
Exportation	898 400
Consommation	36 379 100
Production par bassins.	
Nord et Pas-de-Calais	13 886 820 *t*
Loire	3 506 546
Gard	2 005 802
Bourgogne et Nivernais	1 979 304
Tarn et Aveyron	1 419 854
Bourbonnais	1 106 490
Auvergne	325 987
Vosges	221 761
Hérault	205 925
Creuse	205 000
Alpes occidentales	163 218
Ouest	146 132
Provence (lignites)	435 600
Importation.	
Angleterre	4 434 000 *t*
Allemagne	2 037 100
Belgique	4 888 600
Exportations.	
Belgique	353 800 *t*
Suisse	239 000
Italie	67 000
Espagne	80 000
Allemagne	45 000

TABLEAU II. — **Production des combustibles minéraux** (1).

Production totale.		*Nord et Pas-de-Calais.*	
1811	774 000 *t*	1814	279 000 *t*
1820	1 094 000	1820	320 000
1830	1 863 000	1830	501 000
1840	3 003 000	1840	791 000
1847	5 153 000	1847	1 265 000
1848	4 000 000	1848	945 000
1850	4 434 000	1850	1 021 000
1860	8 304 000	1860	2 185 000
1870	13 330 000	1870	4 313 000
1872	15 803 000	1872	5 876 000
1873	17 479 000	1873	6 420 000
1879	17 111 000	1879	7 449 000
1880	19 362 000	1880	8 546 000
1883	21 334 000	1883	9 945 000
1885	19 511 000	1885	9 710 000
1890	26 083 000	1890	14 211 000
1893	25 651 000	1891	13 486 000
		1893	13 887 000

(1) Voir planche 132, figure 3.

TABLEAU III. — **Production par bassins** *(suite)* (1).

Années.	Bassin du Nord.	Bassin du Pas-de-Calais.
1814	274 000 *t*	»
1820	323 000	»
1830	494 000	»
1834	612 000	5 000 *t*
1840	776 000	15 000
1847	1 246 000	20 000
1848	927 000	18 000
1850	1 002 000	19 000
1856	1 578 000	268 000
1860	1 593 000	590 000
1870	2 418 000	1 895 000
1873	3 437 000	2 983 000
1877	3 287 000	3 435 000
1880	3 702 000	4 844 000
1884	3 402 000	6 036 000
1890	5 135 000	9 077 000
1891	4 865 000	8 621 000
1892	4 637 000	9 802 000
1893	4 707 000	9 179 000

TABLEAU IV. — **Production par bassins** *(suite)* (1).

Années.	Loire.	Gard.	Bourgogne, Nivernais.	Tarn, Aveyron.	Bourbonnais.
1814	301 000 *t*	»	»	»	»
1820	448 000	»	»	»	»
1830	806 000	»	»	»	»
1834	1 038 000	91 000 *t*	206 000 *t*	133 000 *t*	29 000 *t*
1840	1 100 000	200 000	292 000	127 000	55 000
1850	1 550 000	310 000	498 000	180 000	264 000
1856	2 420 000	760 000	864 000	607 000	599 000
1859	2 040 000	860 000	722 000	452 000	545 000
1860	2 360 000	870 000	795 000	538 000	657 000
1870	3 350 000	1 300 000	1 029 000	708 000	975 000
1873	3 940 000	1 660 000	1 273 000	930 000	1 294 000
1880	3 588 000	1 936 000	1 548 000	986 000	967 000
1886	2 785 000	1 705 000	1 479 000	977 000	898 000
1890	3 587 000	2 005 000	1 915 000	1 453 000	1 070 000
1891	3 823 000	2 192 000	1 977 000	1 552 000	1 119 000
1893	3 507 000	2 006 000	1 979 000	1 420 000	1 106 000

(1) Voir planche 132, figure

TABLEAU V.

Production par concession du Nord et du Pas-de-Calais (1).

	1860	1875	1894
Fresnes-Midi. . . .	38 000 *t*	61 000 *t*	89 000 *t*
Crespin..	»	»	61 000
Vicoigne.	104 467	134 000	125 000
Anzin.	900 000	2 025 000	2 862 000
Douchy	146 000	207 000	341 000
Aniche	289 000	607 000	842 000
Azincourt	34 000	35 000	89 000
Escarpelle.	86 000	283 000	537 000
Ostricourt.	7 000	36 000	201 000
Dourges.	26 000	120 000	372 000
Carvin.	30 000	149 000	238 000
Drocourt.	»	»	370 000
Courrières.	70 000	435 000	1 497 000
Meurchin	38 000	79 000	384 000
Lens	99 000	715 000	2 286 000
Liévin.	4 000	158 000	785 000
Béthune.	69 000	288 000	1 068 000
Nœux.	85 000	427 000	1 087 000
Vendin	»	35 000	103 000
Bruay.	41 000	259 000	1 020 000
Marles.	56 000	231 000	786 000
Ferfay.	37 000	167 000	212 000
Fléchinelle.	5 000	42 000	15 000

TABLEAU VI.

Nombre des concessions exploitées (2).

1833.	211	concessions
1836.	258	—
1840.	247	—
1845.	275	—
1848.	256	—
1850.	273	—
1858.	292	—
1860.	319	—
1861.	325	—
1870.	315	—
1871.	307	—
1877.	358	—
1880.	336	—
1882.	308	—
1890.	287	—
1893.	298	—

Nombre des ouvriers employés.

1831.	15 600	ouvriers
1840.	27 800	—
1847.	34 800	—
1850.	32 900	—
1857.	59 500	—
1858.	56 000	—
1860.	59 200	—
1868.	84 900	—
1870.	82 700	—
1873.	105 500	—
1876.	110 800	—
1879.	102 500	—
1880.	107 200	—
1883.	113 000	—
1885.	101 600	—
1890.	121 600	—
1893.	132 600	—

(1) Voir planche 133, figures 5, 6 et 7.
(2) Voir planche 132, figure 4.

TABLEAU VII. — **Résultats financiers de l'exploitation des houillères** (1).

1° Revenu net imposable des concessions de combustibles minéraux (1852-1893).

1852.	10 909 000*f*	1880.	42 953 000*f*
1859.	20 382 000	1889.	38 124 000
1860.	16 340 000	1890.	61 799 000
1870.	20 560 000	1891.	65 016 000
1873.	47 293 000	1893.	34 053 000
1877.	30 495 000		

2° Concessions en gain et en perte (1879-1893).

En gain.		En perte.	
1879. . . .	198 concessions	1879. . . .	144 concessions
1880. . . .	209 —	1885. . . .	110 —
1885. . . .	191 —	1886. . . .	123 —
1886. . . .	166 —	1890. . . .	112 —
1891. . . .	176 —	1893. . . .	150 —
1893. . . .	151 —		

TABLEAU VIII. — **Prix moyen des combustibles minéraux.**

Sur les lieux d'extraction.		*Sur les lieux de consommation.*	
1814.	10,02*f*	1847.	21,60*f*
1820.	10,54	1850.	20,37
1830.	9,75	1856.	25,40
1840.	9,75	1860.	22,93
1850.	9,74	1864.	21,78
1856.	12,87	1867.	24,03
1860.	11,65	1870.	23,11
1866.	12,23	1873.	31,83
1870.	11,69	1877.	22,87
1873.	16,61	1880.	21,74
1880.	12,74	1885.	20,89
1889.	10,12	1888.	19,12
1890.	11,94	1890.	22,54
1891.	13,25	1893.	20,03
1893.	11,49		

(1) Voir planche 133, figure 8.

TABLEAU IX. — **Consommation des combustibles minéraux** (1) **(1811-1893).**

1811.	864 000 *t*	1870.	18 830 000 *t*
1820.	1 348 000	1879.	25 332 000
1830.	2 494 000	1880.	28 846 000
1840.	4 257 000	1883.	32 439 000
1847.	7 649 000	1886.	29 619 000
1850.	7 225 000	1889.	33 511 000
1860.	14 270 000	1890.	36 653 000
1869.	21 432 000	1893.	36 379 000

TABLEAU X. — **Importation des combustibles** (2).

	Importation.				Exportation.
Années.	Allemagne.	Angleterre.	Belgique.	Total (3).	Total.
1811	20 000 *t*	»	90 000 *t*	120 000 *t*	30 000 *t*
1820	30 000	30 000 *t*	230 000	281 000	26 000
1830	80 000	50 000	540 000	637 000	6 000
1840	160 000	380 000	750 000	1 291 000	37 000
1850	280 000	600 000	1 950 000	2 833 000	42 000
1860	1 170 000	1 370 000	3 620 000	6 160 000	200 000
1869	1 670 000	1 890 000	4 740 000	8 304 000	381 000
1870	320 000	1 890 000	3 830 000	6 045 000	395 000
1872	510 000	2 090 000	5 110 000	7 709 000	577 000
1874	820 000	2 240 000	4 370 000	7 433 000	747 000
1880	1 260 000	3 400 000	5 280 000	9 940 000	600 000
1883	1 577 000	4 368 000	5 756 000	11 707 000	510 000
1889	1 104 000	3 840 000	5 035 000	9 981 000	943 000
1890	1 394 000	4 865 000	5 341 000	11 603 000	941 000
1893	2 037 000	4 434 000	4 889 000	11 401 000	898 000

TABLEAU XI. — **Appareils à vapeur** (4).

Nombre des chaudières à vapeur des établissements industriels (1839-1893).

1839.	5 100	1870.	35 783
1840.	5 360	1880.	52 249
1850.	9 709	1890.	69 200
1860.	21 396	1893.	74 987

Nombre des établissements industriels (1852-1893).

1852.	6 543	1880.	34 063
1860.	13 487	1890.	45 700
1870.	22 851	1893.	49 035

(1) Voir planche 132, figure 3.
(2) Voir planche 133, figure 9.
(3) Y compris l'importation des pays divers.
(4) Voir planche 135, figure 14.

Tableau XII. — **Appareils à vapeur** (1).

Puissance des locomotives (1876-1893).

1876	2 086 000 *ch*	1886	3 293 000 *ch*
1880	2 495 000	1890	3 657 000
1884	3 344 000	1893	3 953 000

Nombre des locomotives (1840-1893).

1840	142	1884	9 246
1850	973	1886	9 114
1860	3 101	1890	9 909
1870	4 835	1893	10 751
1880	7 289		

Tableau XIII. — **Importance relative des départements.**

D'APRÈS le NOMBRE DE CONCESSIONS		D'APRÈS les SURFACES CONCÉDÉES		D'APRÈS la SUPERFICIE MOYENNE DES CONCESSIONS	
			Hectares		Hectares
Loire.	72	Nord	64 610	Nièvre	8 010
Gard.	57	Pas-de-Calais . . .	61 202	Loire-Inférieure. .	5 170
Hautes-Alpes . . .	49	Gard	52 964	Manche.	4 761
Savoie	45	Saône-et-Loire . .	45 083	Tarn	4 231
Isère.	42	Bouches-du-Rhône.	32 048	Nord.	2 936
Aveyron	41	Hérault.	29 541	Pas-de-Calais . . .	2 914
Hérault.	27	Loire.	28 461	Sarthe	2 820
Saône-et-Loire . .	23	Sarthe	19 730	Saône-et-Loire. . .	1 960
Bouches-du-Rhône.	23	Aveyron	17 060	Maine-et-Loire. . .	1 552
Basses-Alpes . . .	22	Loire-Inférieure. .	15 207	Haute-Saône. . . .	1 415
Nord.	22	Maine-et-Loire. . .	13 968	Bouches-du-Rhône.	1 393
Pas-de-Calais. . . .	21	Allier.	13 567	Mayenne	1 185
Allier.	21	Mayenne	13 038	Hérault.	1 094
Var	14	Tarn.	12 694	Gard.	929
Haute-Savoie . . .	12	Haute-Saône . . .	9 906	Allier.	646
Puy-de-Dôme. . .	12	Savoie	8 302	Puy-de-Dôme. . .	450
Haute-Loire. . . .	12	Nièvre	8 010	Haute-Loire. . . .	428
Mayenne	11	Vaucluse	7 400	Aveyron	416
Vendée.	8	Var	7 109	Loire.	395
Rhône	7	Vendée.	6 846	Basses-Alpes . . .	280
Haute-Saône . . .	7	Hautes-Alpes . . .	6 627	Haute-Savoie . . .	262
Sarthe	7			Isère.	247
				Savoie	184
				Hautes-Alpes . . .	135

(1) Voir planche 135, figure 14.

TABLEAU XIV. — **Classification des départements**

d'après la production et le nombre des concessions en 1893.

	(1)	PRODUCTION	NOMBRE DES CONCESSIONS			
			EXPLOITÉES	INEXPLOITÉES	TOTAL	
		Tonnes				
Pas-de-Calais	H.	9 179 452	18	3	21	Départements de grande industrie houillère.
Nord	H.	4 707 368	15	7	22	
Loire	H.	3 468 155	45	27	72	
Gard	H.	1 964 509	18	30	57	
	L.	23 163	9			
Saône-et-Loire	H.	1 746 535	16	7	23	
Allier	H.	934 342	12	9	21	
Aveyron	H.	900 830	17	21	41	
	L.	2 543	3			
Tarn	H.	514 099	2	1	3	
Bouches-du-Rhône	L.	402 477	7	16	23	
Puy-de-Dôme	H.	259 542	6	6	12	
Haute-Saône	H.	221 761	2	4	7	Départements où l'industrie houillère a une moyenne importance.
	L.	8 582	1			
Hérault	H.	205 925	6	19	27	
	L.	316	2			
Creuse	H.	202 853	3	2	5	
Haute-Loire	H.	190 112	6	6	12	
Nièvre	H.	189 779	1	»	1	
Isère	H.	143 588	17	22	42	Départements où il y a une petite industrie houillère.
	L.	855	3			
Cantal	H.	80 333	1	4	6	
	L.	60	1			
Mayenne	H.	60 003	4	7	11	
Ardèche	H.	41 293	4	4	8	
		»	219	195	414	22 départements où la production houillère est insignifiante.
22 départements divers.		»	79	144	223	
TOTAL		25 650 981	298 (2)	339	637	

(1) H désigne la houille.
L — le lignite.

(2) 247 concessions de houille.
51 — de lignite.

NOTES ET OBSERVATIONS

A PROPOS DE LA

COMMUNICATION DE M. DE LONGRAIRE

SUR LES

SÉISMES ET VOLCANS

PAR

M. J. BERGERON

Quand j'ai demandé la parole, à la dernière séance, pour répondre à la communication de M. de Longraire, j'avais l'intention de parler uniquement des séismes ou tremblements de terre. Mais, à la suite de la discussion qui s'est produite, je demande la permission de revenir sur une question à laquelle il a été fait allusion à plusieurs reprises : je veux parler du feu central. Je serai aussi bref que possible, désirant aborder au plus tôt l'objet même de la discussion.

Sa croyance à l'existence du feu central est basée sur l'hypothèse de Laplace, sur la venue au jour de roches éruptives fondues, enfin sur la géothermique. Mais ainsi que le fait remarquer M. Moreau, le bon sens indique que la température ne peut augmenter indéfiniment de la surface jusqu'au centre; car, s'il en était ainsi, tous les corps s'y trouveraient à l'état gazeux et avec une tension telle que l'écorce terrestre ne pourrait y résister ; il y aurait explosion, dislocation de la terre. Ce qui est certain, c'est qu'il y a encore à l'intérieur de notre planète une matière en fusion qui peut venir à la surface lors des éruptions volcaniques. Cette matière en fusion est considérée maintenant comme le reste, le résidu, de la masse autrefois incandescente et fondue de la terre. Il s'est formé tout d'abord autour de la terre une sorte d'atmosphère constituée par des vapeurs et des gaz. Ensuite, une croûte s'est solidifiée et a fini par être assez épaisse pour empêcher le rayonnement de la chaleur vers cette atmosphère. Celle-ci s'est refroidie puis condensée: il y a eu précipitation des vapeurs sous forme d'eau et d'un grand nombre de sels (chlorures, bromures, etc.), que nous retrouvons dissous dans les océans. Mais

la masse en fusion, pendant tout le temps de son contact avec les gaz ou vapeurs, a dû en dissoudre une certaine quantité; et, à mesure que cette masse se refroidit, ces gaz et ces vapeurs s'en dégagent spontanément. D'ailleurs, les fumerolles de la lave donnent en petit l'idée de ce qui peut se passer lors de ces dégagements gazeux. Ce serait un phénomène comparable à celui du *rochage :* quelques matières métalliques en fusion, telles que l'argent et la litharge, absorbent de l'oxygène; à une certaine période du refroidissement, il se produit une sorte d'explosion brisant la couche solide et par les fissures s'échappent des jets d'argent ou de litharge fondue (1).

Cette hypothèse émise, je crois, pour la première fois par M. de Lapparent (*Traité de Géologie*, 3e édition, p. 515), expliquerait comment les éruptions peuvent se produire sans cause apparente et, de plus, comment la plupart des volcans donnent, quelle que soit leur position, près de la mer ou près de lacs, ou encore loin de toute masse d'eau, de grandes quantités d'eau et les mêmes sels que l'on rencontre dans les eaux de la mer.

D'autre part, à mesure que cette masse en fusion s'est refroidie, les parties les plus denses ont dû se porter vers le centre, en même temps que la croûte supérieure augmentait d'épaisseur. Il s'est formé ainsi une région intermédiaire entre l'écorce et le noyau central, région où s'est concentrée la matière fondue. Celle-ci, d'ailleurs, a dû se différencier de bonne heure. En effet, l'étude au microscope des roches taillées en lames minces a permis de reconnaître que les laves sortant des différents volcans ne sont pas identiques aux points de vue chimique et minéralogique, même quand ces volcans sont situés dans le voisinage l'un de l'autre. Par exemple, dans les îles Lipari, à Vulcano, les laves sont très riches en silice, tandis que les laves du Stromboli sont riches en péridot et en pyroxène. Pour que ces roches éruptives soient différentes, il faut qu'elles viennent de réservoirs distincts, d'où elles feraient irruption de temps à autre à la surface du sol. Les faits observés par le professeur Gilbert dans l'Utah viennent à l'appui de cette manière de voir. Il a reconnu que certaines masses éruptives occupent dans le sol d'immenses réservoirs et constituent des *laccolithes*, d'où sont partis les filons qui ont amené ces roches au jour. La température très élevée des laves

(1) A l'Exposition de Lyon, il y avait un bloc d'argent fondu, exposé par la Société des Mines de Pontgibaud, sur lequel on pouvait voir un grand nombre de petits cratères, par lesquels était sorti de l'argent fondu simulant des coulées.

indique que ces réservoirs sont situés très profondément; il se peut donc qu'une grande partie de la région interne de la terre soit déjà solidifiée et que la matière fondue n'occupe plus pour ainsi dire que des alvéoles.

De plus, le professeur Iddings a reconnu que la surface terrestre peut se diviser, d'après la composition chimique des roches éruptives qu'on y rencontre, en un certain nombre de régions caractérisées par l'abondance de certaines bases : la potasse, la soude, par exemple. Or, cette différenciation qui s'observe dès le début des phénomènes éruptifs semble indiquer que, dès les temps les plus anciens, il s'est produit dans le magma des liquations, des séparations qui ont dû faciliter le refroidissement interne.

Je n'ai tant insisté sur cette question du feu central que parce que la théorie que j'ai exposée explique certains faits sur lesquels je pourrai passer plus rapidement lorsque je discuterai les théories relatives aux tremblements de terre. Je rentre maintenant dans la question des séismes.

C'est avec un très grand intérêt que j'ai lu le mémoire si complet de M. de Longraire ; mais j'ai peur que l'érudition de l'auteur ne l'ait rendu, comme il arrive souvent de l'érudition, un peu sceptique à l'égard des théories actuelles. Pour moi, ces théories reposent sur des faits indéniables que je désire exposer ici.

Si nous considérons les tremblements de terre en eux-mêmes, nous voyons qu'ils consistent en vibrations de la surface terrestre. Or, celles-ci peuvent être dues à deux causes : soit à des mouvements propres du sol, soit à des chocs qui lui impriment une trépidation.

1° *Vibrations dues aux mouvements propres du sol.* — L'étude des régions montagneuses ne laisse aucun doute sur les mouvements du sol. Les montagnes sont dues à des plissements de l'écorce terrestre qui n'ont pu se produire qu'en mettant en mouvement le sol lui-même. Ces plissements résultent de modifications dans le diamètre de la terre, modifications dont la cause persiste encore. En effet, à mesure que le refroidissement s'accentue, le diamètre de la masse interne diminue. Comme la croûte terrestre forme une enveloppe trop grande et que, d'autre part, elle est sollicitée par la pesanteur à se rapprocher du centre, il faut qu'elle se plisse pour conserver le même diamètre que la partie interne. C'est toujours la partie superficielle, celle qui cor-

respond au plus grand diamètre de la terre, qui subit les plissements les plus accusés et cet effort se traduit, à des intervalles qui peuvent être très éloignés, par des mouvements de cette même partie superficielle de l'écorce terrestre. Cependant, dans les périodes qui nous semblent être des périodes de calme, comme la période actuelle, il se peut que l'effort de plissement se continue lentement d'une façon insensible pour nous (1), donnant lieu à des craquements suffisants pour ébranler le sol, mais non pour produire des dislocations ou des déplacements appréciables dans les couches superficielles.

Si les tremblements de terre sont en relation avec les plissements de l'écorce terrestre, c'est dans les régions les plus plissées, les plus disloquées, qu'ils devront se faire sentir le plus violemment. C'est le cas en effet. Les contrées les plus éprouvées sont toujours situées dans le voisinage des chaines de montagnes de formation relativement récente et là où le sol est le plus faillé et par suite le moins résistant. C'est ainsi que pour nous en tenir à l'Europe seulement, les Alpes, la dernière chaine formée, sont plus fréquemment éprouvées que les autres régions montagneuses; de même pour la Méditerranée dont la configuration actuelle est toute récente.

De plus, on reconnait par les procédés Mallet, Falb et Seebach, exposés par M. de Longraire, que la profondeur du point d'où partent les vibrations du sol est relativement faible. Or, c'est précisément dans la partie superficielle de l'écorce terrestre que les plissements se produisent avec leur maximum d'effet, ainsi que nous l'avons vu.

Il y a donc concordance entre les faits observés et la théorie qui attribue aux tremblements de terre une cause orogénique.

2° *Vibrations dues à un choc interne.* — La plupart des théories admettent cette cause; mais, avant de les discuter, je crois bon d'exposer la plus généralement adoptée.

Lors d'une éruption, au moment où les gaz et les vapeurs se dégagent brusquement de la masse en fusion, il se produit des explosions capables d'ébranler le sol. On en a conclu tout naturellement que dans les régions non volcaniques, c'était également

(1) Le colonel Goulier a cru reconnaître qu'il y avait eu en France, dans ces vingt dernières années, un mouvement du sol par suite duquel se serait produit un effondrement, d'ailleurs de quelques centimètres seulement, orienté sensiblement N.-S. de Lille à Marseille.

des explosions, mais souterraines, qui amenaient les séismes. Dans ce cas, le dégagement naturel des gaz se produirait encore par refroidissement de la masse en fusion, dans les alvéoles où la lave attendrait pour venir au jour. Ces alvéoles pourraient d'ailleurs se former plus facilement dans les régions disloquées, ce qui expliquerait pourquoi les tremblements de terre sont plus fréquents dans les régions plissées.

Cette seconde hypothèse a l'avantage d'attribuer à tous les séismes une même origine, ce qui satisfait assez bien l'esprit, tous les tremblements de terre en région volcanique ou non volcanique offrant toujours les mêmes phénomènes.

Il est impossible, à l'heure qu'il est, de se prononcer en faveur de l'une ou de l'autre de ces théories. Peut-être chacune d'elles convient-elle à des cas particuliers. Ce sont les études ultérieures qui permettront de trancher la question. Mais de ce que nous ne pouvons admettre telle hypothèse plutôt que telle autre, il ne faut pas, selon moi, les rejeter toutes les deux; il faut attendre.

Passons maintenant à l'examen des théories qui ont été exposées ici.

Pour M. de Longraire, les séismes seraient dus le plus souvent au manque de stabilité et, par suite, au glissement des couches superficielles du sol. Comme M. Fouqué, M. de Lapparent et M. Casalonga, je trouve qu'il y aurait disproportion entre l'effet qui est parfois terrible et la cause supposée qui, le plus souvent, ne se traduit que par des effets visibles absolument insignifiants. Il m'est donc impossible de me rallier à cette théorie. Je reconnais que le manque de stabilité des couches superficielles peut jouer un certain rôle dans les catastrophes; mais, s'il a été la cause de quelques désastres, ceux-ci ont toujours été localisés et relativement peu importants.

En Espagne, où j'ai eu l'honneur d'accompagner M. Fouqué dans la mission que lui avait confiée l'Académie des Sciences pour l'étude des tremblements de terre de l'Andalousie, j'ai été à même de visiter la région éprouvée en 1884-1885 par les séismes; les accidents dus à des glissements de terrains étaient bien moins importants et bien moins nombreux que ceux dus à la simple trépidation du sol. Les glissements de Guaro près Periana, de Guevejar et d'Alhama ont causé bien moins de dégâts, toutes proportions gardées, que les secousses qui ont détruit Arenas del Rey et bien d'autres localités. Dans certains cas on pourrait, suivant le conseil de M. de Longraire, chercher à donner de la sta-

bilité au terrain, par exemple pour protéger un pont, une construction quelconque ou une certaine longueur de route ou de voie de chemin de fer; exceptionnellement on pourra drainer, pour la rendre plus stable, toute une région dont le sol imbibé d'eau est par suite rendu plus meuble. Mais le plus souvent c'est dans le mode de construction qu'il faudra chercher un moyen de lutter contre les effets des tremblements de terre. J'y reviendrai plus loin.

Pour expliquer le choc interne, on a supposé qu'à l'intérieur de l'écorce terrestre, il se produit de grandes cavités pouvant résulter des plissements de cette écorce ou pouvant être dues, comme le pense M. Casalonga, à la dissolution par les eaux de grandes masses de roche. Dans ces cavités se produiraient des effondrements, d'où secousses qui ébranleraient le sol et donneraient lieu aux tremblements de terre. Dans ce cas, il semble que les effondrements, nécessairement de très grande importance pour pouvoir provoquer des séismes, devraient, à force de se répéter dans une même région, finir par se traduire par des affaissements superficiels. Quant aux cavités formées par la dissolution des roches par l'eau, suivant l'opinion de M. Casalonga, il ne me paraît pas que la quantité de matières apportée au jour par les eaux souterraines corresponde au volume des matières qui auraient dû être dissoutes pour aboutir à la formation de semblables cavités (1).

Pour d'autres auteurs, c'est dans ces cavités que s'accumuleraient les matières incandescentes et que se produiraient les explosions, origine des séismes. J'ai dit plus haut comment on pensait les expliquer. Pour M. Daubrée, elles seraient dues à l'arrivée de l'eau au contact de la lave. M. Casalonga a réfuté cette hypothèse d'une façon complète. M. Stanislas Meunier admet que ce sont des blocs imprégnés d'eau de carrière qui tombent dans la masse en fusion et qui y apportent ainsi de l'eau qui va se volatiliser brusquement et produire une explosion. Cette théorie me paraît encore moins plausible que la précédente, car on ne conçoit pas comment ces cavités pourraient être disposées pour qu'il pût

(1) On a observé, dans les régions où se trouvent des salines, de vrais tremblements de terre à la suite d'effondrements résultant de la dissolution d'une certaine quantité de sel. Mais c'est exceptionnellement que l'on rencontre des salines dans les régions exposées aux séismes. D'ailleurs, quand de pareils phénomènes se sont produits, les trépidations du sol ne se sont fait sentir qu'à quelques kilomètres du point d'effondrement, et on ne peut les comparer à celles qui se perçoivent sur des centaines de kilomètres, comme c'est le cas pour les séismes dont il est question ici

y pénétrer des roches ayant conservé leur eau de carrière; s'il y a quelque fissure permettant leur chute, cette fissure a dû laisser arriver les gaz qui sont à une température très élevée au contact des roches imprégnées d'eau; celle-ci se serait volatilisée ou serait sensiblement à la même pression que les gaz en contact et, par suite, cette eau ne pourrait produire aucun phénomène d'explosion. D'ailleurs, la chute de blocs de millions de mètres cubes, comme l'admet M. S. Meunier, devrait se traduire par des effondrements superficiels. Or, on n'en a jamais signalé. Certains auteurs ont bien parlé de semblables phénomènes qui auraient été momentanés, et le sol aurait repris le relief qu'il présentait avant le cataclysme. Les faits que nous avons observés en Espagne et que nous avons pu comparer aux récits qui en avaient été faits, nous ont rendus très sceptiques à l'égard de pareilles dislocations.

Certains auteurs rapprochent les phénomènes séismiques des phénomènes volcaniques, mais ils attribuent à ces derniers des causes que je ne puis admettre. Ainsi M. Moreau, reproduisant une théorie déjà ancienne, pense que c'est la pénétration de l'eau de mer dans le sol qui est la cause de tous les phénomènes volcaniques et séismiques. Il s'appuie, d'une part, sur la position des volcans au bord de la mer et, d'autre part, sur l'existence dans les laves de sels qui se retrouvent dans l'eau de mer.

J'ai dit comment ce dernier fait peut s'expliquer dans la théorie actuelle; je n'y reviendrai pas.

Si la plupart des volcans sont situés au bord de la mer ou de lacs, c'est que les dislocations qui ont permis à la lave de venir au jour ont abouti à des effondrements et par suite à la formation de dépressions à la surface du sol; ces dernières ont été envahies par les eaux douces ou les eaux salées. Mais, d'ailleurs, il ne faut pas croire qu'il n'y ait de volcans qu'au bord de la mer ou de toute nappe d'eau. Il y en a qui se trouvent dans des régions remarquables par leur sécheresse : tels sont les volcans du Thian-Chan (monts Célestes) en Chine et ceux récemment découverts à l'intérieur de l'Afrique, dans le Tassili et le massif d'Oggar. M. Moreau cite l'exemple de l'Auvergne à l'appui de son opinion. Peu de pays ont une histoire géologique aussi bien connue; pas un n'est mieux fait pour combattre la théorie même qu'il invoque. Les volcans d'Auvergne ne se sont pas *éteints faute d'eau* par cette excellente raison qu'ils ne se sont formés qu'alors que la Limagne était déjà à sec. Cette dernière région n'a été occupée par des eaux saumâtres qu'à l'époque tongrienne; lors de l'aquitanien

les eaux étaient douces. Peut-être les premières éruptions de l'Auvergne datent-elles de cette époque. Mais, à coup sûr, la période d'activité éruptive maxima est bien postérieure. Dans le Velay, les éruptions débutent au miocène supérieur; de même pour le Cantal; au mont Dore, c'est à partir du pliocène que l'activité volcanique se manifeste. Partout en Auvergne, les éruptions se continuent durant le pliocène et le pléistocène ou quaternaire. Or, nous savons que dès le début du miocène, les lacs du Plateau Central s'étaient vidés vers l'ouest, lors du dépôt des sables de l'Orléanais, dont tous les éléments sont détritiques et proviennent de ce massif ancien. Il n'y a donc aucun doute qu'en Auvergne la période éruptive ait commencé après l'asséchement de la Limagne.

Voyons maintenant comment cette eau aurait pu agir. De trois façons :

1° *Par échauffement naturel.* — Dans ce cas, il faut admettre que l'eau de la surface peut descendre jusqu'à la profondeur où règne une température assez élevée, non seulement pour la volatiliser, mais encore pour lui donner une force d'expansion considérable. Mais comme ces phénomènes d'explosion sont brusques et irréguliers, il faut que cette eau arrive à la profondeur voulue tout d'un coup, ce qui nous ramène aux théories de MM. Daubrée et Stanislas Meunier. Il est bien certain qu'il peut y avoir parfois des explosions dues à l'arrivée de l'eau au contact de la lave : la catastrophe du Krakatau est là pour le prouver; mais ce sont des phénomènes superficiels et d'ailleurs absolument accidentels.

2° *Les eaux de la mer qui sont salées peuvent, en rencontrant certaines substances, produire des dégagements de chaleur, de lumière, etc.* — S'il en était ainsi, les eaux qui ont apporté les éléments nécessaires aux réactions devraient toujours se retrouver au moins à l'état de vapeur lors des éruptions. Cependant, au Mauna Loa, dans les îles Hawaï, les éruptions se font sans aucun dégagement important de gaz ni de vapeur. Que seraient devenues les eaux? Puis quelle est la réaction chimique que peuvent produire les éléments des océans dans les proportions où ils s'y trouvent? Comment serait-elle suffisante pour amener la fusion à plus de 1000° de masses de laves supérieures à 300 millions de mètres cubes, comme au Mauna-Loa?

3° *Les eaux auraient pu former des éléments de piles, aiguillonner des courants électriques existant déjà et amener de nouvelles décompositions chimiques ou l'incandescence de certains corps mauvais conducteurs.*

J'avais espéré pouvoir me procurer les éléments nécessaires pour calculer la force du courant qu'il faudrait pour fondre les 300 millions de mètres cubes du Mauna-Loa auxquels je faisais allusion plus haut; mais je n'ai pu trouver aucune donnée sur la résistance de la lave. Il me semble que la force de ce courant devrait être telle que les appareils enregistreurs accuseraient des perturbations lors de ces éruptions. Or, ils indiquent bien qu'il y a production de courants électriques, mais ceux-ci sont certainement bien moindres que ceux qui seraient nécessaires à une pareille fusion.

Pour toutes ces raisons je ne puis me ranger à l'avis de M. Moreau.

Quelle que soit la cause des tremblements de terre, il est certain qu'il y a toujours production de phénomènes électriques, comme l'a fait remarquer M. Chalon. Mais ils sont relativement peu accusés et, s'il y avait, ainsi qu'il le pense, décharge de violents courants électriques entre la croûte terrestre et l'atmosphère, comme alors le phénomène serait le même que celui qui produit les orages, il devrait y avoir éclairs et tonnerre. Il n'en est rien et il est bien difficile d'admettre que ces phénomènes, incapables de produire un orage, puissent amener des commotions telles qu'elles renverseraient des villes entières. Pour moi, ces phénomènes électriques sont un des effets et non la cause des tremblements de terre.

Je reprends maintenant l'examen des effets des séismes. En attendant qu'on en puisse connaître avec certitude les causes ou la cause, on peut chercher à en atténuer les dangers et c'est là un fort beau rôle pour des ingénieurs. Notre Société l'a compris, car elle s'est occupée déjà à deux reprises différentes de cette question. Je voudrais y revenir pour exposer les études faites à ce sujet en différents pays et notamment au Japon par M. Milne, professeur à l'École des Ingénieurs de Tokio.

C'est un fait d'observation que lorsque deux terrains sont dans le voisinage l'un de l'autre, le maximum d'ébranlement se produit à leur contact et des deux terrains c'est le plus meuble (le plus souvent c'est le plus récent) qui est le plus ébranlé. Dans ces conditions, la première précaution à prendre dans un pays exposé aux tremblements de terre, est de ne pas construire au contact de deux terrains et de choisir toujours le terrain le plus résistant.

A Charleston (États-Unis d'Amérique), à la suite du tremblemen de terre de 1887, pour atténuer les dangers dus aux éboulements, un règlement de police a ordonné de laisser entre les deux côtés d'une même rue une largeur toujours supérieure au double de la hauteur des constructions. Les rues doivent se croiser à angle droit et s'étendre dans la direction des failles géologiques.

Des différentes études faites surtout par le professeur Milne, on peut conclure que les maisons d'habitation ordinaires doivent être construites en bois sur des fondations faisant corps avec la maison, si ces fondations ont pu atteindre le bon sol ou, dans le cas contraire, sur des fondations indépendantes. Alors la maison doit reposer au moyen de semelles sur des billes en fonte, placées sur des plateaux de fonte fixés aux fondations. Ces maisons doivent être légères, très élastiques et pouvoir osciller sans crainte de rupture.

Ce sont également des constructions légères que recommandent les règlements formulés en Italie à la suite du tremblement de terre d'Ischia, et M. Pesce, en 1883, a signalé à notre Société (1) les constructions du système Tholet, comme répondant aux desiderata des habitations exposées aux tremblements de terre.

Il est un autre mode de construction, mais d'une moindre légèreté, dans lequel on emploie des charpentes en fer ou en acier avec remplissage en matériaux légers; leur usage est moins fréquent que celui des constructions en bois.

Toutes les parties de ces différentes maisons doivent être reliées entre elles par des armatures diagonales.

Pour les édifices plus importants, on peut employer la pierre de taille, ou mieux la brique et, de préférence, la brique creuse, car ce genre de construction présente une élasticité assez grande. Il faut surtout, pour les fondations de ces monuments, rechercher le bon sol.

M. Lescasse, en 1877, avait recommandé ici-même (2) un mode de construction qu'il croyait appelé à rendre de grands services au Japon : il reliait par des tiges de fer les différentes parties des murs et par des tirants en fer les murs eux-mêmes entre eux. Mais d'après ce qu'en dit le professeur Milne, ce procédé n'aurait pas réussi, les tirants ayant exercé sur les murs des tractions qui étaient plutôt nuisibles à leur solidité.

Il ne semble pas que l'on ait essayé les constructions en béton

(1) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils.* 1883, t. II, p. 378.
(2) *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils,* 1877, t. I, p. 451

avec armatures en fer. On parle de leur légèreté, de leur élasticité et de leur résistance au feu, qualité qui peut avoir une grande importance lors des catastrophes. Je me contente d'attirer l'attention sur ce système, me déclarant d'ailleurs parfaitement incompétent pour trancher la question.

Toutes les constructions, quelles qu'elles soient, doivent être basses (à Charleston, d'après les nouveaux règlements, elles ne peuvent avoir plus d'un étage) et la toiture doit être légère, de peur qu'elle n'entraîne à terre tout l'édifice, lors des fortes oscillations. A Manille, un règlement de police rend obligatoires les toitures métalliques comme étant plus légères.

Avant de terminer, je tiens à dire combien j'ai été heureux, comme géologue, de voir l'intérêt que la Société des Ingénieurs Civils prend à la question des tremblements de terre; cela peut faire espérer que nos confrères, retenus par leurs occupations dans des régions éprouvées par les séismes, s'occuperont eux aussi, eux surtout, de cette question. Or il ressort de la discussion qui vient d'avoir lieu que nous n'avons encore aucun corps de doctrine, relativement aux tremblements de terre. Il en sera ainsi tant que les observations seront mal faites. Si nos confrères voulaient recueillir par eux-mêmes et vérifier les faits relatifs aux séismes qu'ils sont à même de ressentir, on pourrait probablement tirer quelque loi de la multiplicité des observations.

Je reconnais que, pour quiconque n'a pas étudié au préalable les tremblements de terre, il peut être difficile de se rendre compte de ce qu'il faut observer. C'est pourquoi la Société helvétique des Sciences naturelles, qui s'occupe tout particulièrement des tremblements de terre qui sont fréquents dans certaines régions de la Suisse, a chargé le professeur Heim, de Zurich, de rédiger un questionnaire auquel il suffit de répondre (1). Une Commission examine les réponses faites aux questions et tâche d'en tirer parti au point de vue des phénomènes généraux. Si de pareilles observations étaient faites un peu partout en même temps, on voit ce que certains phénomènes pourraient prendre d'importance par leur généralité.

Si donc les ingénieurs s'associaient aux séismologues et aux géologues, je ne doute pas qu'au bout de peu de temps il n'en résultât un grand avantage pour la science des tremblements de

(1) Voir la pièce annexée.

terre. Et, si ce résultat était obtenu, il faudrait en reporter tout l'honneur à notre sympathique confrère, M. de Longraire, qui a eu l'heureuse idée de traiter la question des séismes dans cette enceinte.

ANNEXE

Copie du questionnaire adressé par la Commission suisse d'étude des tremblements de terre.

Questionnaire.

1° A quel jour, à quelle heure et, si possible, à quelle minute et à quelle seconde a-t-on ressenti un tremblement de terre ?

2° La pendule qui a servi à la détermination de l'heure était-elle en avance ou en retard sur la pendule de la station de télégraphe ? Quelle était la différence de marche au moment de la vérification ?

3° Veuillez désigner, aussi exactement que possible, la localité où l'observation a été faite (canton, district, commune).

Désignez aussi l'emplacement dans lequel vous étiez lorsque la secousse a été perçue. Était-ce en plein air ou dans un bâtiment ? Était-ce au rez-de-chaussée ou dans un étage de la maison ?

Quelle était votre occupation au moment de la secousse ?

4° Quelle est la nature du sol sur lequel repose le lieu de l'observation (sol rocheux, sol d'alluvion, sol tourbeux, etc.) ?

5° Combien y a-t-il eu de secousses ? A quel intervalle de temps se sont-elles succédé ?

6° Essayez de décrire la secousse. Était-ce un choc par en bas, une secousse latérale, un balancement plus ou moins lent, un mouvement de vagues, un tremblement, un frémissement du sol ? S'il y a eu plusieurs secousses, ont-elles toutes eu le même caractère ?

7° De quel côté est venue la secousse ? Dans quelle direction s'est-elle propagée ?

8° Combien de temps ont duré les chocs ? Combien de temps a duré le tremblement consécutif ?

9° Quels ont été les effets principaux du tremblement de terre ? Nous cherchons surtout à obtenir des données sur la direction de

la secousse; ces données peuvent être cherchées dans le déplacement des meubles, dans le balancement de l'eau d'une cuvette ou d'un bassin, dans le balancement des lampes ou autres objets suspendus. Les pendules ont-elles été arrêtées? Dans ce cas, donnez l'orientation de la pendule. Donnez aussi l'orientation des parois contre lesquelles des tableaux suspendus ont été mis en balancement et de celles contre lesquelles d'autres tableaux n'ont pas bougé. Si des objets sont tombés, indiquez le sens de leur chute. De quel côté les cheminées sont-elles tombées? Y a-t-il eu des fentes dans les murs, et dans quelle direction? Les fenêtres et les portes ont-elles été ouvertes et fermées par la secousse, et dans quelle direction? Donnez enfin, sur ce point, toute espèce de renseignement que vous jugerez utile.

10° Pouvez-vous comparer ce tremblement de terre à d'autres phénomènes analogues auparavant ressentis par vous?

11° A-t-on entendu quelque bruit? Quelle en a été la nature? Était-ce de simples craquements des boiseries de la maison ou bien était-ce un bruit souterrain? Était-ce un bruit, un coup, une détonation, un roulement?

12° Le bruit a-t-il précédé ou suivi la secousse? Quel a été le moment relatif des deux phénomènes?

13° Signalez toutes les observations extérieures qui peuvent de près ou de loin se rapporter au phénomène : effets de la secousse sur les animaux, effets sur les sources, coup de vent, tempête concomitante, etc.

14° Y a-t-il eu des mouvements dans l'eau des lacs ou des étangs? Décrivez ces mouvements.

15° Y a-t-il eu de petites secousses ayant précédé ou suivi la secousse principale? A quel jour et à quel moment ont-elles eu lieu?

16° Veuillez enfin nous donner les observations faites dans votre localité ou les localités environnantes par des personnes de votre connaissance. Veuillez aussi nous donner l'adresse de personnes capables de remplir en tout ou en partie un questionnaire analogue à celui-ci.

SÉISMES ET VOLCANS

RÉPONSE

AUX

DIVERSES OBSERVATIONS

PRÉSENTÉES

dans les séances du 15 février et du 1er mars 1895

PAR

L. DE LONGRAIRE

Avant d'examiner les observations qui ont été présentées au sujet du Mémoire publié dans le *Bulletin* de novembre 1894 sur les Séismes et Volcans, il convient de noter une rectification et quelques brèves additions qui sont à introduire dans ce Mémoire.

La rectification est relative au degré géothermique de 41,40 *m* qui figure dans le tableau du § 58 et qui résulte des observations de M. Schwartz pour les mines de Schemnitz, en Hongrie, dont la profondeur serait de 1 587 *m*. Cette indication a été tirée du *Traité de Géologie* de M. de Lapparent (3e édition de 1893), où on lit, p. 485 : « Plus récemment, M. Schwartz s'est livré à des expériences suivies sur l'augmentation de la chaleur dans les mines du district de Schemnitz, en Hongrie. Il opérait en plaçant des thermomètres à mercure dans des trous de 0,42 à 0,79 *m* de profondeur, pratiqués dans les parois de trente-huit galeries différentes, où la roche traversée était surtout formée de trachyte amphibolique. *Les mines étudiées étant échelonnées à divers niveaux, les mesures ont porté au total sur une verticale de 1 587 m*, et le degré géothermique moyen s'est trouvé de 41,40 *m*. L'auteur a constaté

du reste que d'importantes variations locales dans la température peuvent être produites par la décomposition des sulfures métalliques ».

Un ingénieur des Mines, à qui je parlai de ces indications, s'étonna qu'il existât, dans les mines de Hongrie, une profondeur si grande, dont il n'avait jamais entendu parler, car on aurait dû rencontrer des difficultés d'exploitation qui auraient été signalées et dont il aurait eu connaissance.

M. de Lapparent, d'après la note inscrite au bas de la page 485 de sa *Géologie*, a puisé ces renseignements dans le journal anglais, *Nature*, du 11 avril 1878. Je m'y suis donc reporté, mais il n'y est nullement question de mines échelonnées; il s'agit, au contraire, de six puits distincts, dont l'un a été éliminé à cause de la présence des sulfures. Les cinq autres figurent dans le tableau ci-dessous :

TABLEAU N° 1

NUMÉRO D'ORDRE	NOM DES PUITS	PROFONDEUR en MÈTRES	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE en degrés C.	QUOTIENT OU PROFONDEUR par degré C.
1	Elisabeth.	417	8,5	49,1
2	Maximilian.	253	6,4	39,5
3	Amelia.	285	8,1	35,2
4	Stefan	218	7,2	30,3
5	Siglisberg	414	8,1	51,1
		1587	38,3	41,4

L'augmentation de température a été prise en calculant la température moyenne à l'origine du puits, d'après des observations poursuivies pendant vingt ans, et en se servant des températures trouvées aux profondeurs indiquées. « Le meilleur mode de combiner les résultats de ces cinq puits, dit le Mémoire du journal anglais, est indiqué dans la dernière ligne du tableau, où la somme des profondeurs est comparée avec la somme des augmentations de température. »

Toutefois, la température moyenne à l'orifice du puits peut être contestée; on a voulu contrôler les résultats, en se servant des températures directement observées aux points extrêmes et dans les mines mêmes; de là, le second tableau suivant :

TABLEAU N° 2

NUMÉRO D'ORDRE	NOM DES PUITS	PROFONDEUR en MÈTRES	DIFFÉRENCE DE TEMPÉRATURE en degrés C.	QUOTIENT OU PROFONDEUR par degré C.
1	Elisabeth.	145,2	4,6	31,6
2	Maximilian.	191,6	3,9	49,1
3	Amelia.	228,2	5,1	44,8
4	Stefan	82,0	4,7	17,4
5	Siglisberg	400,3	8,0	50,0
		1047,3	26,3	39,8

La moyenne est faite dans la dernière ligne du tableau ; et l'auteur du rapport, trouvant 39,80 *m* au lieu de 41,40 *m*, trouve cette concordance très satisfaisante; il adopte 40,60 *m*, moyenne entre ces deux chiffres.

Le chiffre de 1 587 *m* représente donc cinq puits distincts, d'une profondeur variant de 285 à 414 *m*.

Il m'a semblé d'autant plus nécessaire de faire cette rectification que la question des grandes profondeurs dans les mines a été traitée tout dernièrement dans *la Nature*, le journal de M. Gaston Tissandier. Le numéro du 1er décembre 1894 contenait un article où un ingénieur américain parlait d'un puits de 1 972 *m*, aux mines de cuivre de Tamarack, à Red-Jacket (Michigan). De nombreuses observations sur un tel chiffre furent adressées au journal, qui écrivit en Amérique pour avoir une indication précise et rectifiée au besoin, mais il ne put l'obtenir. Le directeur des houillères de Ronchamp, dans le n° 1130 de *la Nature* (26 janvier 1895), traite cette question des plus grandes profondeurs atteintes, et dit qu'on se prépare en Belgique, à Flenu, à exploiter la houille à 1 200 *m*; il ajoute qu'à Przibram (Bohême), il existe deux puits de 1 130 *m*. Nous sommes toujours loin d'une profondeur verticale de 1 587 *m*.

Je passe aux additions que j'ai à signaler afin de compléter les renseignements déjà donnés sur l'état actuel des questions que j'ai traitées : le temps seul m'avait fait défaut pour me les procurer.

La première se rapporte encore à la géothermique. Les savants anglais s'en sont tellement préoccupés qu'ils ont adopté, en 1867,

le parti de constituer dans le sein de l'Association Britannique, — un comité composé de géologues et de savants éminents pour étudier la température souterraine (underground temperature) en diverses localités, y compris celles sous-marines.

Ce comité provoqua des observations sur toute la terre, c'est-à-dire en France, en Allemagne, en Russie, dans les Indes, en Australie et dans les deux Amériques. M. le professeur Everett fut l'infatigable Secrétaire qui rédigea de 1868 à 1883 un ensemble de seize rapports annuels du plus haut intérêt (1). A partir de 1883, les rapports sont intermittents; en 1892, a paru le 19e, parlant entre autres du sondage de Schladebach.

Le 15e rapport de 1882 est surtout remarquable en ce qu'il contient un résumé de l'œuvre si importante du comité avec un tableau des résultats obtenus, qui doit maintenant être cité à l'exclusion de tous autres. Les degrés géothermiques y diffèrent notablement les uns des autres : le comité a cru néanmoins convenable d'en tirer une moyenne qui semble d'une valeur d'autant plus restreinte que l'Association Britannique ne s'est pas contentée d'étudier la température souterraine; elle a formé, en 1874, un comité spécial pour se rendre compte de la conductibilité thermique des rochers au point de vue géologique. De 1874 à 1879, le comité rédigea six rapports : en 1881, parut le rapport final donnant l'ensemble des recherches et comprenant une table de six pages où se trouvent inscrites toutes les conductibilités résultant des expériences faites.

Je suis donc en mesure d'insister avec plus de force que je ne l'ai fait dans mon mémoire, sur la voie nouvelle dans laquelle doit entrer désormais la géothermique, car elle devra chercher les températures relatives à chaque nature de roches qu'elle aura considérées.

Les indications que j'ai données sur l'état actuel de la séismologie en Italie, demandent à être complétées. Je me suis arrêté dans mon mémoire à l'année 1889 : vers cette époque, a eu lieu une réorganisation du service météorologique pris dans son acception la plus générale; le nom de M. de Rossi a disparu pour des raisons que j'ignore, et il n'est plus question de *Météorologie endogène :* le nouveau service s'appelle *Bureau central de Météorologie et*

(1) M. de Lapparent ne s'est pas aperçu que l'article du journal *Nature* auquel il renvoyait pour les observations de Schemnitz, n'était que la reproduction intégrale du dixième rapport du comité de l'Association Britannique.

de Géodynamique. M. le professeur Tacchini en est le directeur et M. le Dr Mario Baratta est chargé de ce qui concerne spécialement les phénomènes séismiques. On a, d'ailleurs, conservé les nombreux observatoires munis des séismographes très délicats dont parlait M. de Rossi : ils sont en relation constante avec ce même bureau qui publie des annales où se trouvent les observations faites ainsi que des mémoires prouvant que la séismologie est toujours étudiée en Italie avec une grande ardeur : il serait d'ailleurs impossible qu'il en fût autrement. M. Baratta a publié dans les annales dont je viens de parler divers travaux qu'il a bien voulu m'adresser. L'un d'eux se rapporte à la distribution des tremblements de terre en Italie pour les cinq années de 1887 à 1891, et contient un égal nombre de cartes d'Italie où les parties atteintes par les séismes sont couvertes d'une teinte d'autant plus foncée que les secousses ont été plus fortes. Les colorations ne montrent que trop bien la grande importance des phénomènes séismiques au point de vue de leur étendue et de leur intensité.

Je terminerai ces renseignements complémentaires en signalant dans les rapports de l'Association Britannique un résumé annuel présenté depuis 1881 par un comité dont M. John Milne est le Secrétaire et qui s'occupe des phénomènes séismiques ayant lieu au Japon : ces résumés forment un ensemble très intéressant.

En parcourant comme je l'ai fait, la collection des rapports de l'Association Britannique, il est impossible de ne pas être frappé de l'importance des divers comités qu'elle institue : leur œuvre peut se comparer à des monuments auxquels chaque année on vient ajouter une assise, et qui, au bout de dix ou quinze ans, sont vraiment imposants.

Quand j'ai remis mon mémoire à la Société, je ne m'attendais guère à ce qu'il eût un aussi grand retentissement. Je crois devoir remercier tous ceux qui ont pris la peine de le lire et de nous communiquer ensuite leurs impressions.

Les critiques ne m'ont pas ému, pour les motifs que je dirai plus loin; en outre, dans le cas même où j'aurais complètement raison, je ne saurais avoir la prétention de faire abandonner du jour au lendemain des idées qui sont séculaires, et qui ont été ou sont encore défendues par des savants dont la haute valeur est incontestée. Il faut attendre l'action du temps qui, j'en ai la

conviction, amènera les esprits à ratifier l'ensemble de mes conclusions.

Parmi les trois lettres qui ont été lues dans la séance du 15 février, celle de M. Stanislas Meunier ne contient rien de spécial à mon travail; mais celle de M. Fouqué exige au contraire une réponse.

M. Fouqué débute en réclamant contre le scepticisme scientifique que je lui attribue, et qui serait loin d'être aussi prononcé que je le pense. Voici pour ma justification, les paroles textuelles de M. Fouqué, relatives aux résultats correspondant aux théories de Mallet, Seebach et Falb. Elles sont extraites de la page 114 de son ouvrage et reproduites textuellement dans le paragraphe 25 de mon mémoire : « De plus, à cause de l'hétérogénéité du terrain, et de l'étendue généralement notable occupée par le foyer souterrain, *on peut affirmer dès maintenant qu'elles ne conduiront* JAMAIS *qu'à des résultats grossièrement approximatifs, lesquels cependant ne sont pas à dédaigner.* »

A l'égard de la théorie de M. Suess, M. Fouqué dit, page 201, (voir paragraphe 20 de mon mémoire), qu'on l'a soumise à l'épreuve de l'explication des faits constatés; mais cette épreuve a montré toutes les difficultés soulevées par cette théorie : « Dans chaque cas particulier, *il faut s'attendre à de graves incertitudes ;* cependant, en agissant avec prudence et en ne cherchant pas à obtenir *une précision que la question ne comporte pas*, on peut trouver dans la considération des relations géologiques avec les séismes, *parfois un guide précieux, et souvent une véritable satisfaction pour l'esprit.* »

Mon impression était basée sur ces appréciations que je trouve très sévères, malgré les atténuations dont elles sont accompagnées; mais je n'ai aucune difficulté à accepter que M. Fouqué espère voir de tels résultats s'améliorer peu à peu dans l'avenir.

Je ne crois pas devoir entrer dans l'examen détaillé des diverses hypothèses énumérées ensuite par M. Fouqué afin d'expliquer les tremblements de terre. Il m'en attribue une nouvelle, ce dont je me défends; je me suis placé, dans les conclusions de mon travail, en dehors des théories qui divisent les savants sur les diverses questions soulevées par les séismes : car les explications que je propose doivent être contrôlées par des vérifications spéciales dont je réclame l'exécution.

Je me contenterai donc de présenter quelques observations sommaires destinées à justifier de nouveau ce que j'ai dit dans mon mémoire.

Dans ma carrière active, j'ai vu des glissements de terrain sur une échelle fort réduite, et je les ai rattachés aux catastrophes qui désolent si souvent les contrées montagneuses : je n'aurais cependant, pas osé leur attribuer un grand rôle dans les tremblements de terre, si je n'y avais été, pour ainsi dire convié, par les descriptions faites par Dolomieu, après son examen direct des ravages causés par le séisme calabrais de 1783, et par les renseignements donnés par Mallet à la suite de son voyage d'étude concernant le tremblement de terre de la Basilicata. Je n'ai pas inventé le tableau du paragraphe 66 de mon mémoire, extrait du grand ouvrage de Mallet, où la ville de Montemurro, située à 52 *km* du centre des secousses, a eu 5 000 habitants tués sur 7 000, et Saponara (distante de 40 *km* du même centre) 2 000 tués sur 4 000; tandis que Balvano n'en a pas un seul sur 4 000 habitants, bien qu'elle ne soit qu'à 8 *km* dudit centre. Mallet lui-même nous dit que ces deux villes de Montemurro et Saponara ont été victimes de glissements superficiels comme ceux de la Calabre en 1783.

De plus, ce qui s'est passé à Menton et dans la Ligurie en 1887 s'explique facilement si l'on admet que les mouvements n'ont pas été profonds, et n'ont atteint que les terrains d'alluvion laissant intacts les terrains voisins d'origine plus ancienne.

Ce sont là des faits indiscutables, et qui m'ont conduit à réclamer l'intervention des Ingénieurs dans l'examen des désastres, afin qu'ils procèdent à des études spéciales au moyen de plans, profils, sondages, puits et galeries. Je n'ai fait qu'appliquer la méthode que M. Fouqué lui-même reconnaît bonne, lorsqu'il dit dans sa lettre :

« Le problème général de la cause et de l'origine des séismes est très complexe et hérissé de nombreux problèmes d'ordre secondaire, qui sont, à mon avis, *les meilleurs points accessibles à l'observation et à l'expérimentation : c'est par des recherches de ce genre, que l'on a, je crois, le plus de chance de pénétrer dans la place et de s'en rendre maître.* »

Je parlerai maintenant des grondements souterrains comparables aux roulements de tonnerre, qui d'après M. Fouqué, passeraient pour moi inaperçus. Je n'ai jamais nié de tels bruits pour les tremblements de terre d'origine incontestablement volcanique, comme ceux du Sud-Amérique. Mais si aucun phénomène volcanique n'est constaté, la doute me semble tout à fait autorisé *en ce qui concerne une cause souterraine* : ainsi le grand bruit constaté par M. Stanislas Meunier en 1887, à Menton, serait suffisamment

expliqué par les dégâts qui avaient lieu dans l'ensemble des maisons écroulées, dont M. Fouqué nous donne les photographies dans son ouvrage. Je pourrais citer l'exemple d'un éboulement de terre et d'arbres survenu à la Guadeloupe, pendant la nuit, et qui a donné lieu au bruit si caractéristique de chariots roulant sur un pavage inégal; n'a-t-on pas constaté d'ailleurs des séismes exceptionnellement silencieux ? (1).

M. Fouqué a parlé aussi de chocs venant de la profondeur et soulevant les pavages les mieux établis sur un sol horizontal; je les aurais également négligés. J'ai cependant donné les raisons, selon moi, décisives (§ 77), pour lesquelles je ne puis croire à de tels effets dus à des chocs : mais j'ai eu soin de mentionner (§ 84) que j'avais été témoin de soulèvements de voie, dans des conditions telles qu'ils ne pouvaient avoir aucune relation avec des chocs.

Quant aux méthodes diverses utilisées pour déterminer la position des foyers séismiques, celle de Mallet semble abandonnée : pour celle de Seebach, M. Fouqué me permettra d'émettre des doutes en présence du résultat des expériences qu'il a faites lui-même avec M. Michel Lévy, sur la propagation des vibrations en divers terrains : on y voit que dans le granit, on a une vitesse de 3450 à 3141 *m*, et dans les sables de Fontainebleau, seulement 300 *m*. Avec de telles inégalités, comment baser des calculs ayant quelque probabilité, pour la propagation des secousses à de grandes distances et dans des terrains très variés?

Il existe, en outre, des séismes qui sont rebelles à l'application du système de Seebach : celui de Diano-Marina (1887) entre autres, comme l'a reconnu M. Fouqué, en taxant, page 101 de son ouvrage, les résultats obtenus de l'épithète textuelle *d'incohérents*.

M. de Lapparent, dans sa lettre, estime que l'instabilité des terrains est une cause *minuscule* de mouvement : M. Fouqué partage cet avis. Je crois qu'il y a ici une confusion entre les vibrations s'étendant sur des surfaces énormes, si les récits qu'on en fait sont exacts, et les effets locaux et désastreux que j'ai surtout considérés, qui m'ont paru être beaucoup trop négligés, et qui semblent bien provenir de l'instabilité propre des terrains.

M. Casalonga me pardonnera de ne pas examiner la théorie qu'il a émise, et cela pour les raisons d'ordre général que j'ai énumérées

(1) Dans la séance de l'Académie des Sciences du 21 janvier 1895, M. Fouqué lui-même a présenté une note de M. Noguès sur le tremblement de terre chilo-argentin du 27 octobre 1894, dont l'un des caractères a été précisément l'absence de bruits souterrains.

dans mon mémoire; mais il a posé une question des plus justes en demandant si les désastres sont précédés ou suivis de secousses. J'y répondrai comme à toute autre semblable : l'expérience doit nous le dire. On le saura dorénavant avec les appareils séismographiques nouveaux, mais on n'avait sur cette question que des idées très vagues avant leur invention. Les observations recueillies jusqu'ici montrent, si je suis bien informé, qu'il y a des frémissements et des secousses préalables. D'où proviennent-elles ? C'est ce que l'avenir fera connaître si on les étudie sérieusement; je ne saurais d'ailleurs admettre, comme je l'ai dit dans mon mémoire, qu'on puisse invoquer pour elles l'existence de secousses intérieures se propageant à la surface comme dans la série de billes indiquée par Gay-Lussac; toute assimilation entre des billes et des matières formées de kilomètres de couches rocheuses me semblant inexacte.

Je ne saurais suivre M. Chalon dans sa théorie basée sur des phénomènes électriques, mais les faits qu'il a communiqués sur les mines du Sud-Amérique sont des plus intéressants et doivent être pris en sérieuse considération dans l'étude des mouvements qui ont lieu pendant les séismes.

La chronique scientifique du journal *le Rappel* a remarqué, d'une manière très bienveillante d'ailleurs, que dans ma communication sur les séismes et volcans, il n'y avait que peu de place pour les volcans, mais qu'il s'y trouvait émise une idée originale et utile : celle d'opérer des sondages dans des volcans éteints, pour constater ce qui existe dans leurs parties souterraines. J'ajouterai que j'ai eu un véritable regret de ne pouvoir, faute de temps, développer les renseignements tout récents que j'avais réunis sur les volcans, mais ce regret s'est fort amoindri en entendant la brillante exposition faite par M. Bergeron de l'état actuel de ce que l'on sait à leur égard. Les étranges *laccolithes*, découverts aux États-Unis par M. Gilbert, viennent d'ailleurs confirmer d'une manière inattendue l'opportunité des sondages rappelés ci-dessus.

Quant aux deux grandes hypothèses défendues par M. Bergeron pour l'explication des séismes, je persiste à croire que les objections les plus fondées s'accumuleront sans cesse contre la première, celle des chocs souterrains. La seconde, dite orogénique, a été critiquée par M. Fouqué, mais elle se rapproche beaucoup des idées que j'ai défendues, en ce sens que tous les phénomènes séismiques deviennent alors complètement superficiels; aussi,

j'avoue que j'aurais désiré en trouver une exposition complète et documentée, que je n'ai pas rencontrée dans les recherches pourtant nombreuses auxquelles je me suis livré, et que je ne pouvais guère étendre plus que je ne l'ai fait.

J'ai vu avec plaisir que M. Bergeron n'accepte ni les formidables explosions de vapeur, ni les effondrements de terrrain, si souvent mis en avant pour expliquer les tremblements de terre.

En résumé, je me suis livré à une étude des théories relatives aux tremblements de terre qui, si elle m'a laissé des doutes sur leur exactitude, m'a du moins montré qu'on ne s'occupait pas assez des causes locales des désastres, telles que l'instabilité de certains terrains qui provoque d'épouvantables catastrophes. J'ai demandé que cette lacune soit comblée au moyen d'une série de mesures comportant des opérations techniques spéciales, afin de sortir des raisonnements stériles pour entrer dans le domaine des réalités tangibles, avec l'espérance qu'on arriverait dans l'avenir à des propositions utiles pour éviter de nouveaux malheurs dans les contrées les plus éprouvées.

ERRATA

du mémoire inséré dans le Bulletin de novembre 1894.

1. Dans le tableau n° 4, page 678, au lieu de Joao Capello (Lisbonne), lire : Lisbonne (Joao Capello).

2. Dans le tableau n° 6, page 684, les quatre colonnes relatives au degré géothermique représentent des *mètres* et non pas des degrés de température.

NOTE

SUR LE

RENDEMENT ORGANIQUE DES MACHINES A VAPEUR

A MULTIPLE EXPANSION

PAR

M. A. LENCAUCHEZ

Dans son mémoire sur le rendement ou effet utile des machines à vapeur, soit dans la comparaison entre le travail indiqué et le travail disponible sur l'arbre-couche mesuré au frein de Prony, notre collègue, M. A. Mallet, discute, dans le *Bulletin* de janvier dernier (1895), les quelques mots que j'ai écrits sur les machines à vapeur et les moteurs à gaz dans le mémoire que j'ai fait en collaboration avec nos honorables collègues, MM. G. Dumont et G. Baignères.

En ce qui concerne les consommations :

1° Page 868 : Je dis que l'économie de 19 0/0 en faveur de la condensation pour la marche sous pression de 3,5 *kg* = 4,532 *atm* se réduit à 13 0/0 pour la marche à 5,5 *kg* et à 8 0/0 pour la marche à 7,75 *kg*; que très probablement, sous pression de 12 *kg*, il y aurait égalité de dépense entre la machine à condensation et la machine sans condensation. Les essais faits au Creusot par MM. Delafond, Barba et Compère ont parfaitement bien démontré ce que j'ai dit, puisque je n'ai fait que reproduire les chiffres de ces Messieurs, ainsi que je l'avais déjà fait, en 1890, dans le *Bulletin* de juin de notre Société, avec notre collègue, M. L. Durant, comme dans celui d'août de la même année.

2° Page 869 : Je démontre que la combinaison de 4, unités à condensation, avec 1, unité sans condensation, échappant dans un réchauffeur, donne une économie pour les machines à condensation de 10 0/0 avec l'alimentation à 100 degrés.

3° Page 869 : Je dis encore que si on dote un groupe de machines à vapeur de tous les perfectionnements bien connus aujourd'hui, on peut arriver à obtenir le cheval utile mesuré sur l'arbre au frein Prony avec une dépense de 7,470 *kg* de vapeur réelle (sèche).

4° Page 870 : Je fais remarquer que l'effet utile d'une machine à quadruple expansion peut être estimé en bonne pratique industrielle à 0,78. Il me semble que, quand la vapeur a travaillé utilement dans quatre cylindres consécutifs, en donnant un rendement organique de 0,78, on est en droit de s'estimer très heureux.

5° Page 871 : Je fais voir que pour les machines à plusieurs manivelles, pour élévation d'eau, pour souffleries de hauts fourneaux et Bessemer, et pour compresseurs, il faut donner la préférence aux machines à multiple expansion en leur donnant autant de cylindres que de manivelles ; vu qu'en bonne pratique industrielle, dans ce cas, le principe dit compound peut donner une économie *réelle* de 5 à 8 0/0 sur les machines monocylindriques les plus parfaites, *mais seulement* quand le rapport entre la résistance et la puissance reste constant. En un mot, élever l'eau, par exemple, à un niveau constant, avec une pression constante de vapeur aux chaudières.

8° Page 872 : Je fais remarquer que la dépense constatée dans des essais de quelques heures (soit 7,470 *kg* de vapeur par heure et par cheval effectif), par des expérimentateurs très habiles, ayant à leurs ordres de très bons chauffeurs (chose très rare), est souvent plus que doublée, dans le courant de la pratique industrielle, quand on a, comme dans les stations de production d'énergie électrique, des marches irrégulières de 10, 7 1/2 et 5 heures sur 24 heures (jour) ; car alors il faut tenir compte des allumages, des arrêts et des réallumages, ainsi que du gaspillage en semblables circonstances par neuf chauffeurs sur dix, vu qu'autre est la dépense annuelle en chevaux, multipliée par un coefficient de dépense d'essai, et la consommation réelle de charbon payé aux houillères.

7° Pages 874 et 877 : J'ai fait voir que les moteurs à gaz pouvaient rendre de grands services pour la génération de l'énergie électrique, mais il me semble n'avoir à leur sujet, au point de vue économique, que sept lignes dans notre mémoire.

Il résulte de cet exposé que je n'ai fait que résumer des choses parfaitement bien connues et je ne puis m'expliquer comment il se fait que la dépense de 7,470 *kg* d'eau consommée sous forme de vapeur réelle, par heure et par cheval effectif, mesurée au frein de Prony, ne puisse satisfaire mon honorable collègue. Il y a une mesure pratique de ce qu'il faut entendre par dépense réelle par heure et par cheval réel effectif : c'est la garantie donnée

par les bonnes maisons de construction, car 1° pour les machines à vapeur, elles donneront la garantie de 1 *kg* de houille de premier choix et de première qualité par heure et par cheval mesuré sur l'arbre (1), et 2° celle de 0,6 *kg* pour les moteurs à gaz ; ceci, bien entendu, pour des puissances ou forces de 75 à 150 *ch* au moins.

Dans notre mémoire, j'ai laissé complètement de côté les machines à vapeur des bateaux et des locomotives, quoique sur ces dernières je pourrais, au besoin, en dire beaucoup. Mais ce que je puis assurer, malgré tout, c'est que mon très honorable collègue ne trouvera plus de compound dans les laminoirs aujourd'hui, et que les maisons de premier ordre donnent maintenant la préférence aux machines monocylindriques quoique à plusieurs manivelles.

De plus, je puis citer deux grandes et très luxueuses installations pour stations électriques, où l'une, compound et à condensation, dépense 12 *kg* de vapeur par heure et par cheval effectif, et l'autre, monocylindrique à grande vitesse et sans condensation, ne dépense que 11 *kg*, et ceci sous pression de vapeur de 7 *kg* et non pas de 12 *kg* comme il le faudrait.

Enfin, je puis encore citer une des plus importantes maisons de la capitale qui, après avoir fait sans relâche des compound pendant sept à huit ans, vient de les abandonner pour donner la préférence aux Corliss monocylindriques, qu'elle perfectionne tous les jours depuis deux années.

(1) Quand un industriel traite avec une maison de construction, après que celle-ci lui a fait voir force certificats et procès-verbaux donnant des chevaux indiqués à 6 *kg* et 7 *kg* de vapeur par heure, il la voit se refuser net à signer une garantie avec un chiffre inférieur à 1 *kg* de houille, déduction des cendres, etc.

RÉCEPTION

DES

COMMERÇANTS ET INDUSTRIELS DE PARIS

PAR

M. FÉLIX FAURE

Président de la République

le Jeudi 14 Mars 1895

DISCOURS

DE

M. DELAUNAY-BELLEVILLE

PRÉSIDENT DE LA CHAMBRE DE COMMERCE DE PARIS
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

Le jeudi 14 mars 1895, M. le Président de la République recevait les Membres du Tribunal de Commerce, de la Chambre de Commerce, et les Délégués des Associations Commerciales et Industrielles du département de la Seine.

En l'absence de M. Dervillé, Président du Tribunal de Commerce, retenu par une indisposition, M. Goy, Juge, a pris la parole et a présenté les Membres du Tribunal à M. le Président de la République.

Puis, M. Delaunay-Belleville, Président de la Chambre de Commerce et Vice-Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, qui avait été l'inspirateur et l'organisateur de la manifestation, a prononcé le discours suivant :

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

Les Chambres de Commerce ont pour mission essentielle de se faire, auprès des Pouvoirs publics et de l'opinion, l'interprète des sentiments des commerçants et des industriels qui les ont élues. La première Chambre de Commerce de France avait donc le devoir de vous transmettre, avec ses respectueux hommages, l'expression de la satisfaction profonde causée à notre monde commercial par votre élection à la Présidence de la République.

Mais notre Compagnie a pensé, monsieur le Président, que l'accession à la première magistrature de l'Etat d'un négociant, fils de ses œuvres et fier de ses origines, était, dans notre démocratie, un fait historique d'une telle importance qu'il convenait de donner à la manifestation de notre satisfaction patriotique et de notre respectueux attachement le caractère solennel qu'elle ne pouvait tirer que du concours unanime de tous les élus du commerce et de l'industrie.

Aussi, monsieur le Président, le Tribunal de Commerce de la Seine, dont vous venez d'entendre le Président, et la Chambre de Commerce de Paris ont l'honneur de se présenter à vous, accompagnés des représentants les plus autorisés des commerçants et des industriels parisiens; les délégués de nos associations commerciales, des groupes syndicaux et de deux cent trente chambres syndicales de la circonscription parisienne vous apportent les hommages et les vœux de plus de cinquante mille adhérents régulièrement inscrits sur leurs contrôles.

Je puis ajouter, monsieur le Président, que nous sommes aussi les interprètes fidèles des nombreux collaborateurs, employés et ouvriers, qui sont attachés à nos entreprises; comme nous, ils se réjouissent de voir le travail honoré en votre personne; comme nous, ils ont la ferme confiance que votre élévation à la première magistrature de l'Etat contribuera à donner une impulsion féconde à toutes les œuvres de prévoyance et de solidarité sociales qui aujourd'hui — et ce sera sans doute dans l'histoire le plus grand honneur de notre époque — préoccupent à si juste titre tous les bons esprits et tous les cœurs élevés.

Les représentants de l'industrie et du commerce de Paris ont vu, dans votre élection, un précieux élément du développement de la prospérité du pays; ils y trouveront aussi, nous en avons l'assurance, un acheminement vers la stabilité économique et politique qui nous est si nécessaire.

L'amélioration de nos relations commerciales avec certains pays voisins est, nous le savons, une des préoccupations du Gouvernement de la République; nous souhaitons aussi, pour affermir les bons rapports qui existent avec d'autres nations, d'obtenir la stabilité des tarifs de douane qui, seule, peut permettre au pays de faire un loyal essai du nouveau régime économique, d'envisager l'avenir avec confiance et de consacrer son activité et ses capitaux à des œuvres de longue haleine.

Nos vœux, monsieur le Président, n'ont, vous le voyez, aucun caractère d'intransigeance; leur modération a été reconnue par les honorables Ministres du Commerce et de l'Industrie auxquels j'ai eu l'honneur de les soumettre et chez lesquels j'ai toujours trouvé l'accueil le plus bienveillant et les intentions les plus généreuses. Je ne puis cependant me dispenser d'exprimer ici le regret d'avoir eu, depuis deux ans que j'ai l'honneur d'être Président de la Chambre de Commerce de Paris, à tenir le même langage à cinq ministres successifs; je serais un interprète infidèle des sentiments des industriels et des commerçants qui sont ici représentés, si je ne disais combien cette politique d'instabilité a de regrettables conséquences pour le travail national et pour l'activité de nos échanges. Le calme que manifeste le pays en de telles conjonctures n'est pas de l'indifférence, loin de là; tout ce qui porte une atteinte à la vie normale et régulière du pays a une répercussion funeste sur l'état des affaires et sur le sort des travailleurs; si le pays supporte avec calme et sang-froid ces crises répétées, c'est qu'il est pénétré d'une entière confiance dans la vitalité et la puissance de travail de la France, dans la solidité indestructible de nos institutions républicaines et dans la permanence des traditions que le premier magistrat de la République a la haute mission de maintenir.

MONSIEUR LE PRÉSIDENT DE LA RÉPUBLIQUE,

Dans votre Message aux deux Chambres, vous avez invoqué l'image de notre France, « assez forte pour être en droit d'affirmer bien haut son amour de la paix, et s'apprêtant, dans un nouvel essor vers le progrès, à inviter les nations à de grandes fêtes du travail, digne couronnement du siècle qui va finir. »

Notre patriotisme applaudit à ces paroles pacifiques, prononcées par celui qui, Chef de l'État, prend en mains la Présidence du Conseil supérieur de la Guerre et qui, Ministre de la Marine, a donné une si vigoureuse impulsion à l'organisation des arsenaux et de la flotte. La paix, fondée sur la dignité des relations et sur la puissance du pays, est le plus précieux des auxiliaires du commerce et de l'industrie; elle est également le meilleur gage du succès de la manifestation grandiose que la France prépare.

Le concours des nations invitées par la France prêtera à l'œuvre de 1900 le plus haut intérêt, lui donnera la portée de l'enseignement le plus fécond et contribuera à jeter un éclat incomparable sur l'apothéose d'un siècle dont le développement industriel et scientifique n'a pas d'égal dans l'histoire du monde!

Vous pouvez constater, monsieur le Président, avec quelle unanimité de sentiments nous nous sommes tous réunis pour saluer avec la plus respectueuse et la plus chaude sympathie votre élection à la Présidence de la République. Cette unanimité se retrouvera encore en 1900; nous accourrons tous en rangs pressés pour prendre part à ces grandes assises et y assurer le triomphe de la France et de la République.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

P.-A. MARMIESSE

Dès sa sortie de l'École Centrale des Arts et Manufactures, en 1864, Anselme Marmiesse fut attaché à la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée, dans laquelle il devait accomplir toute sa carrière.

Admis dans le personnel technique des Chantiers de la Seyne, c'est à cette forte et savante école de la Seyne qu'il acquit les connaissances théoriques et pratiques spéciales aux constructions navales, et ces méthodes de travail qu'il a appliquées pendant quinze années à la Direction des Chantiers de Graville, dont il fut nommé Ingénieur en Chef en 1880.

Les Chantiers de Graville au Havre ont été créés en 1872 par la Société des Forges et Chantiers de la Méditerranée comme annexe des Ateliers Mécaniques désignés encore sous le nom de leur fondateur Mazeline, et que cette Société avait achetés pour satisfaire au vœu des principaux armateurs du Havre et de la région de l'Ouest, que la liquidation de la Société des Chantiers et Ateliers de l'Océan laissaient au dépourvu.

Pendant cette période de quinze ans, qui s'est écoulée de 1880 à la fin de 1894, où Marmiesse a été subitement frappé par la maladie, l'activité des Chantiers de Graville dont il avait la direction et la responsabilité a été considérable. Elle s'est exercée sur toutes les branches de l'industrie maritime et de l'armement militaire naval.

Sous l'impulsion de la loi sur la marine marchande qui a été promulguée en 1880, nos grandes Compagnies de navigation, la Compagnie générale Transatlantique, la Compagnie des Messageries Maritimes, celle des Chargeurs Réunis, presque tous les Armateurs français, aujourd'hui découragés par la situation du transit maritime, ont réclamé le concours des Chantiers de Graville.

Les Amirautés secondaires, le Brésil, le Mexique, la Grèce, la République Dominicaine, ont également confié aux Chantiers de Graville d'importantes constructions, notamment : les cuirassés *Spetzia, Psara*, les avisos-corvettes *Zaragoza, Toussaint-Louverture.*

L'Amirauté française leur a fourni un de leurs principaux aliments de travail.

Citons les grands transports de Cochinchine, *Bien-Hoa*, *Shamrock*, *Nive*, qui constitueraient d'admirables transports, si leurs machines étaient remplacées par des appareils à vapeur plus modernes et correspondant mieux à leur exploitation.

Les avisos-torpilleurs type *Bombe*, *Couleuvrine*, méritent aussi une mention particulière. Ces petits bâtiments, qui ont été mis en chantier en 1883, avaient été conçus par la Marine avec une rare hardiesse sur des données qui ont dû être modifiées dès le début de leur construction.

C'est un grand honneur pour Marmiesse d'avoir réalisé le programme d'exécution de ces bateaux, d'avoir mené à bien leur construction et d'avoir ainsi créé un type dont les qualités nautiques, les facultés de vitesse et l'endurance à la mer ont été remarquées au point que toutes les amirautés étrangères se sont hâtées de construire des avisos analogues.

Marmiesse s'était pénétré des doctrines de notre Collègue M. Normand. Les torpilleurs qu'il a construits rivalisent pour la vitesse, ainsi que pour les qualités nautiques, avec ceux qui sortent des chantiers de l'éminent constructeur du Havre. Parmi ces torpilleurs nous citerons *le Mousquetaire*, *l'Averne*, *le Dauphin*.

Au moment où la maladie l'a obligé de quitter son service, il venait d'achever, pour le compte de la Marine, le croiseur cuirassé *Latouche-Tréville*, qui a été construit sur les plans de M. le Directeur des constructions navales Thibaudier et dont il a étudié, de concert avec le service technique de la Marine, toutes les dispositions de détail.

Marmiesse est redevable à la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest, et à M. Delaitre, l'Ingénieur distingué qui est chargé de l'exploitation de ses services maritimes internationaux, d'avoir pu créer un type de paquebot original à faible tirant d'eau et à deux hélices, dont les excellents résultats ont eu un légitime retentissement. Le succès des paquebots *Seine* et *Tamise*, qui sont affectés au service rapide de Dieppe à Newhaven, a eu pour conséquence l'abandon des paquebots à roues qui faisaient jusqu'alors exclusivement les traversées de la Manche. La London Brighton Railway C° s'est empressée de faire construire le paquebot *Seaford* par les chantiers si honorablement connus de M. Dennie.

L'American Line vient de mettre en service les deux paquebots *Columbia* et *Alma*, pour établir la correspondance entre le Havre

et Southampton, poste d'escale de sa ligne de New-York pour laquelle elle achève en ce moment la construction du *Saint-Louis* et du *Saint-Paul*, qui ont la prétention de devenir les champions de l'Atlantique Nord.

L'intérêt qui s'attache aux types *Seine* et *Tamise* est exceptionnel ; il marque le triomphe définitif de l'hélice sur le propulseur à roues : c'est le signal de l'abandon prochain et définitif du paquebot à roues dont rien, sinon la tradition acquise, ne justifie le maintien.

Cette laborieuse carrière avait reçu sa récompense publique : Marmiesse fut nommé Chevalier de la Légion d'Honneur au mois de juillet 1894, un peu tardivement peut-être, si on songe combien sa carrière a été remplie et par quels efforts heureux.

Membre de notre Société depuis 1882, Marmiesse ne cessa jusqu'à sa mort de s'intéresser à nos travaux. Il laisse, à tous ceux de nous qui l'ont connu, le souvenir d'un homme de bien et d'un travailleur infatigable.

CHRONIQUE

N° 183.

Sommaire. — Machine à vapeur à forte surchauffe, système Schmidt *(suite et fin)*. — Rupture des ponts métalliques *(suite et fin)*. — L'État indépendant du Congo. — Les écartements de voie des chemins de fer au Brésil. — L'usine de Soho.

Machine à vapeur à forte surchauffe, système Schmidt *(suite et fin)*. — L'avantage de la vapeur surchauffée est dans l'augmentation de volume acquise par celle-ci, laquelle, pour les températures indiquées plus haut, n'est pas de moins de 30 0/0, et surtout dans la prévention ou tout au moins dans la réduction considérable des condensations à l'admission amenées par les échanges de chaleur avec les parois qui jouent un rôle si important avec la vapeur saturée qui ne peut céder de calorique que par condensation.

L'examen des diagrammes relevés par M. le professeur Schröter fait voir que pour le petit cylindre de la machine qu'il a expérimentée, la courbe de détente d'abord extérieure à celle de la vapeur saturée n'est coupée par celle-ci qu'à un point assez rapproché de la fin de la course et se confond presque avec elle jusqu'à la fin. Ce fait, d'autant plus remarquable que la détente est déjà considérable dans ce premier cylindre, puisque l'admission n'y dépasse pas le tiers de la course, indique l'absence de condensation initiale et la présence de vapeur saturée sans mélange d'eau, au moins en proportion sensible, à la fin de la course. Au grand cylindre, il n'en est plus de même, et l'analyse des diagrammes indique la présence à la fin de la course d'une proportion d'eau qui ne dépasse pas 16 0/0.

Toute l'explication de l'économie présentée par la machine qui nous occupe est donc dans l'atténuation presque complète des échanges de chaleur entre la vapeur et les parois des cylindres, et ces résultats donneraient une nouvelle preuve de la réalité de l'existence de ces échanges, si elle avait encore besoin d'être démontrée. Quelle autre explication pourraient donner les très rares dissidents qui ne veulent pas admettre ces échanges de calorique ou tout au moins trouvent que la question ne vaut pas la peine de s'y arrêter ?

Bien que le résultat obtenu soit déjà considérable, il ne paraît pas qu'on puisse espérer supprimer complètement l'échange de chaleur, et, par suite, la perte qui en résulte, par le simple emploi de la surchauffe. Celle-ci est, dans la machine Schmidt, portée à un taux qu'il ne paraît guère possible de dépasser. M. Schröter croit que pour obtenir une nouvelle réduction dans la perte provenant des échanges de chaleur avec les parois, il faudrait avoir recours à une modification de la nature de celles-ci, comme cela a déjà été proposé tant de fois, mais sans succès pratique jusqu'ici. Il est possible qu'on puisse, par une combinaison de plusieurs des moyens employés jusqu'ici pour combattre l'influence des parois : détente en cylindres successifs, surchauffe portée à un degré élevé, enveloppe de vapeur et modification de la nature des parois, arriver à réduire

encore la dépense de vapeur. Il y a là un champ nouveau ouvert auv recherches de ceux qui croient que la machine à vapeur n'est pas, quel qu'on veuille bien dire, arrivée à la dernière limite de sa perfection.

La machine expérimentée par M. Schröter est le modèle le plus récent et celui qui a donné les meilleurs résultats, mais il avait déjà été essayé auparavant plusieurs appareils du même système, et il peut être intéressant d'indiquer les résultats obtenus qui, quoique moins beaux que ceux que nous avons présentés plus haut, n'en étaient déjà pas moins remarquables. Ils ont été donnés dans le *Journal de l'union internationale des associations de surveillance des chaudières à vapeur.*

Il s'agit d'abord d'une machine sans condensation de 35 *ch* alimentée par une chaudière verticale semblable à celle que nous avons décrite. La surface de grille était de 0,70, la surface de chauffe de 6,50 et la surface du sécheur et du surchauffeur de 40 m^2. La machine se composait de deux cylindres verticaux à simple effet de 0,250 de diamètre et 0,400 *m* de course, actionnant des manivelles à 180°. La distribution se faisait par des tiroirs à piston; les pistons moteurs avaient une grande hauteur et les segments étaient disposés à la partie voisine de l'extérieur pour les mettre à l'abri du contact de la vapeur surchauffée.

Le graissage s'opérait avec de la valvoline qui réussit très bien avec les moteurs de ce système. On emploie un graisseur mécanique pour lubréfier les cylindres. La température de la vapeur a varié dans ces expériences entre 350 et 380°. Le combustible employé était du charbon de Westphalie.

Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus au point de vue de la puissance et de la consommation de vapeur et de combustible pour deux expériences. On a relevé la puissance indiquée et la puissance au frein, mais la première a laissé quelques doutes à cause du mode d'application des indicateurs qui n'était pas satisfaisant. Les chiffres qui se rapportent au travail indiqué ont donc été mis entre parenthèses.

	Numéros des essais.	
	1	2
Durée de l'essai	8	8,1
Consommation totale de combustible	270,60	319,50
Consommation par heure de combustible	33,83	39,45
Poids total d'eau vaporisée	2 462,70	2 480,00
Poids par heure d'eau vaporisée	307,85	306,15
Pression moyenne de la vapeur	9,12	9,03
Eau vaporisée par kilog. de combustible	9,10	7,76
Vaporisation de 0 à 100° par kilog. de combustible	8,16	6,94
Température à l'entrée de la machine	363°	367°
Nombre de tours par minute	161,5	162,8
Travail indiqué sur les pistons	(39,45)	(40,92)
Travail sur l'arbre mesuré au frein	37,96	39,20
Rendement organique	(0,962)	(0,958)
Vapeur par heure et cheval au frein	8,11	7,80
Combustible par heure et cheval au frein	0,891	1,018

Il est certain qu'une consommation moyenne de 8 *kg* de vapeur et de 0,950 *kg* de combustible, par cheval au frein et par heure, pour une machine sans condensation de 35 à 40 *ch*, sont des résultats tout à fait remarquables. Nous donnerons encore comme exemple les résultats obtenus sur une très petite machine de 3 *ch* fonctionnant également sans condensation.

Les dimensions de cet appareil sont les suivantes : surface de grille, 0,15 m^2, surface de chauffe de la chaudière, 1,60 m^2, surface du sécheur et du surchauffeur, 5,20 m^2. La machine est à un seul cylindre, avec l'admission de la vapeur réglée par un clapet à fonctionnement automatique, comme celui que nous avons décrit à propos de la machine expérimentée par M. Schröter. Le cylindre a 0,13 *m* de diamètre et 0,20 *m* de course ; il est vertical et placé à la partie inférieure.

Voici les résultats obtenus, disposés sous la même forme que ceux de l'essai précédent :

	Numéros des essais.	
	1	2
Durée de l'essai	7,87	7,82
Consommation totale de combustible	55,72	56,00
Consommation par heure de combustible	7,08	7,16
Poids total d'eau vaporisée	337,60	332,60
Poids par heure d'eau vaporisée	42,90	45,10
Pression moyenne de la vapeur	8,13	7,98
Eau vaporisée par kilog. de combustible	6,02	6,30
Vaporisation de 0 à 100° par kilog. de combustible	6,06	6,34
Température à l'entrée de la machine	362°	372°
Nombre de tours par minute	246,7	260,7
Travail indiqué sur les pistons	4,47	4,85
Travail sur l'arbre mesuré au frein	3,54	3,75
Rendement organique	0,792	0,772
Vapeur par heure et cheval au frein	12,12	12,03
Combustible par heure et cheval au frein	2,00	1,91

On reconnaîtra qu'une consommation de combustible de 2 *kg* et une de vapeur de 12 *kg* sont extrêmement réduites pour une machine développant moins de 4 *ch* effectifs.

On remarquera que le rendement organique de cet appareil est assez faible, un peu moins de 0,80. Les expérimentateurs, MM. Schneider et de Grahl, n'attribuent pas cet effet à l'emploi de la vapeur surchauffée, ils pensent qu'il tient surtout à ce que la machine fonctionnait à une vitesse pour laquelle elle n'était pas construite.

Nous croyons qu'il est dû aussi à la disposition de la machine qui, n'ayant qu'un cylindre à simple effet, donne un mouvement de rotation très inégal, et par suite un frottement relativement considérable sur l'arbre du volant.

Nous résumons dans le tableau ci-dessous les résultats obtenus sur les moteurs Schmidt par les divers expérimentateurs.

NOMS DES EXPÉRIMENTATEURS	SYSTÈME de MACHINE	TRAVAIL au FREIN	DURÉE de L'ESSAI	CONSOMMATION par heure et par cheval au frein	
				EAU	CHARBON
		ch	*heures*	*kg*	*kg*
Association de surveillance des chaudières de Berlin.	Machines à cylindres simples et sans condensation.	3,5	8	12,6	1,95
C. Schneider, Ingénieur en chef.		39	8	8	0,95
G. de Grahl		20	8	8,8	1,20
Professeur R. Schöttler de Brunswick et Professeur Lewicki, de Dresde		69	8	7,9	1,10
Professeur M Schröter, de Münich.	Machine compound à condensation.	62	8	5,65	0,704

On ne saurait peut-être pas encore se prononcer sur la question de la durée des appareils, bien qu'il y ait déjà des machines en fonctionnement depuis plus de deux ans; mais cette question ne paraît pas effrayer beaucoup les industriels, s'il est exact qu'on ait déjà construit un assez grand nombre de machines de ce système et que l'inventeur ait concédé des licences de construction à seize maisons, tant en Allemagne qu'à l'étranger.

Un point qui nous a été signalé par des ingénieurs belges qui venaient de voir fonctionner des moteurs Schmidt est la surveillance continue qu'exigerait le générateur pour le réglage du degré de surchauffe et qui constituerait une difficulté, laquelle pourrait toutefois être résolue plus tard par l'emploi d'organes automatiques. D'après ce que nous ont dit ces messieurs, M. Schmidt s'occuperait actuellement d'appliquer son système à la machine d'un torpilleur.

Quoi qu'il en soit, il nous a paru intéressant d'appeler l'attention de nos collègues sur un système qui paraît devoir faire réaliser un nouveau progrès à la machine à vapeur. Il est bon d'ajouter que les résultats économiques de la surchauffe très élevée avaient déjà pu être entrevus dans le moteur Serpollet, où on réalise cette surchauffe par des moyens autres que ceux que nous venons de décrire.

Rupture des ponts métalliques *(suite et fin)*. — La Société autrichienne des Ingénieurs et des Architectes a fait faire, en 1891, dans les grands ateliers de construction Gridl, à Vienne, une série d'essais de rupture sur des poutres en tôle et en treillis, de types variés atteignant 10 *m* de portée, de diverses qualités tant au point de vue du métal qu'à celui de la façon. Un mémoire très intéressant paru dans l'organe de cette Société *(Zeitschrift des österreichischen Ingenieur and Architekten-vereins*, 1891, p. 63) rend compte de ces expériences.

On a trouvé que, pour les petites portées, les poutrelles laminées offrent une résistance bien supérieure à celle des poutres rivées ; celles-ci se rompent sous une charge équivalant à un travail théorique à la flexion de 30 à 33 *kg* par millimètre carré, tandis que les poutrelles résistent fréquemment à 50 *kg* par millimètre carré (valeur calculée) et même davantage. Des poutres à treillis se sont rompues sous des charges correspondant à un travail théorique de 24 à 38 *kg* par millimètre carré ; les résultats les plus favorables ont été obtenus pour des poutres droites à treillis double avec montants en fer Siemens-Martin, travaillé avec grand soin.

M. Elskes donne quelques détails sur les catastrophes récentes de Chester et d'Ashtabula aux États-Unis qui sont dues à des imprudences dans la construction ou dans l'exécution des travaux. Ces désastres eurent pour résultat une inspection générale des ponts dans tous les États-Unis, l'institution d'un service de surveillance et l'introduction de la théorie du flambage dans les calculs. Mais le gouvernement ne jugea pas à propos d'exercer lui-même un contrôle sur les ponts métalliques, malgré toute la sollicitude déployée en cette occasion par le président Grant ; seul l'État de Massachusetts a, à l'heure qu'il est, un inspecteur officiel des ponts.

Le pont de Hopfgarten, en Autriche, sur la ligne de Salzburg à Worgl, s'est écroulé, le 5 octobre 1886, sous un train de marchandises dont la machine atteignit heureusement la culée opposée ; on a voulu expliquer cette chute par la mauvaise qualité des matériaux, puis par la rupture des membrures inférieures, mais on a admis plus généralement dans la suite, qu'il y avait eu gauchissement des poutres, et flambage des membrures supérieures.

Les Autrichiens instituèrent aussitôt un contrôle officiel des ponts métalliques, et les chemins de fer de l'État, comme les Compagnies de chemins de fer, eurent à renforcer ou à reconstruire presque tous leurs ouvrages métalliques ; ces travaux, fort intéressants, touchent actuellement à leur terme et ont donné, de l'avis de chacun, de bons résultats.

En Suisse, le coup de fouet de Mönchenstein a été terrible, mais les mesures prises alors pour l'avenir ont été énergiques et l'on peut espérer pouvoir dire avec certitude dans quelques années que des ruptures de ponts ne seront plus à craindre.

L'auteur résume comme suit les conclusions qu'on peut tirer de l'étude des faits qu'il a présentés :

1° L'expression « dur comme le fer » et l'axiome « le fer est une matière susceptible de durée éternelle, bonne à tout, sans qu'on prenne de précautions », ont fait leur temps ;

2° Toutefois, il a fallu presque toujours un concours extraordinaire de circonstances malheureuses pour amener la chute d'un pont métallique, même médiocre ;

3° L'ennemi le plus sérieux, on peut même dire le seul ennemi vraiment sérieux à combattre, est le flambage des pièces trop peu rigides en proportion de leur longueur et en particulier celui des membrures supérieures des ponts ouverts ; toutes les autres actions pernicieuses, connues sous le nom d'efforts secondaires, méritent vraiment ce der-

nier nom et n'ont été en aucun cas la cause évidente d'une ruine de pont;

4° La plupart des ponts effondrés étaient des ponts trop faibles; il faut donc se garder avec soin d'une trop grande parcimonie dans l'élaboration des projets, surtout lorsqu'il s'agira de raidir et d'éviter des déformations partielles;

5° Il est probable cependant qu'aucun pont, si faible qu'il ait été, n'est tombé sans une autre cause spéciale et déterminante telle qu'un défaut de fabrication ou de montage, par exemple, ou un choc ou une avarie antérieure;

6° Les tableaux A et B (1) indiquent, par année et par pays, la fréquence des cas de rupture pour autant qu'ils sont connus à l'auteur; le tableau C, plus intéressant, les représente groupés d'après la date de la construction des ouvrages; on voit qu'une fatalité parait attachée aux ponts nés de 1871 à 1878. C'était, il est vrai, l'époque où on construisait encore, bien que l'argent vint à manquer, mais c'était aussi et surtout, il faut le reconnaître, la période où s'épanouissaient les méthodes élégantes de la statique graphique et, avec elles, une foi trop aveugle dans l'excellence des calculs et l'infaillibilité de la théorie.

7° L'inflexion d'un pont sous la charge n'est pas un critère infaillible; toutefois, si l'utilité des épreuves de charge peut être mise en doute pour les ponts de chemins de fer, il semble qu'on aurait grand tort de les abolir pour les ponts-routes; à cet égard, il est désirable que toutes les administrations cantonales, communales et autres, adoptent les mesures fixées par l'ordonnance fédérale du 19 août 1892, en annexant celle-ci à tous les contrats qui ont trait à des constructions métalliques;

8° La rouille, certes, un ennemi redoutable, n'a, à notre connaissance, causé ou accéléré de beaucoup la chute d'aucun pont; cependant on a trouvé, au cours de certaines démolitions, des exemples vraiment effrayants de corrosion; les ingénieurs chargés de l'entretien des ponts, notamment des passages sur voie ou des charpentes métalliques dans les gares, ont donc à faire preuve d'une vigilance très minutieuse pour disputer sa proie à cet ennemi silencieux;

9° Les fers se brisant de préférence aux endroits où leur profil change brusquement, il paraît utile d'éviter des gonflements subits et en particulier des montants de forme contournée;

10° Le fait que quatre fois (Ashtabula, Hopfgarten, Big-Otter et Chester) la machine, première cause du désastre, a franchi heureusement le pont sans éprouver elle-même le moindre mal, prouve qu'il y a un certain retard dans la manière dont se transmettent les perturbations, et, en particulier, celles qui résultent des vibrations ou des chocs dus à la surcharge.

Il est, par conséquent, permis de se demander si le train fatal a bien été dans chaque cas la véritable cause de la rupture et si, pour certains ponts, surtout pour des ouvrages avariés, celui de Mönchenstein, par

(1) Nous n'avons pas cru devoir reproduire ces tableaux, d'autant plus que l'auteur reconnaît que ses renseignements sont trop incomplets pour permettre d'attacher de l'importance à cette partie de sa statistique.

exemple, les vibrations ou les chocs extérieurs, dus à des trains précédents, n'avaient pas amené la construction à la limite même de sa résistance, c'est-à-dire à un état d'instabilité tel qu'il suffit d'une gouttelette pour faire déborder le vase.

Cette version, que l'auteur est loin de prétendre seule exacte, est au moins plausible; il n'est d'ailleurs pas seul à l'envisager comme telle, car elle explique plusieurs des phénomènes les plus singuliers, narrés par les témoins oculaires de la catastrophe;

11° Comme on voit, la théorie des ponts métalliques est encore entourée de bien des brouillards; ce n'est qu'en coordonnant les résultats de nombreuses observations de tous genres, qu'on arrivera à l'en dégager. Ces observations sont laborieuses et exigent autant de patience, de persévérance et de jugement, que d'exactitude et de science; toutes celles qu'on a pu faire depuis 1891, ne sont encore qu'une minime partie de ce qu'il faudrait pour jeter une lumière plus complète sur certains points.

L'état indépendant du Congo. — Notre collègue, M. H. Portevin, a adressé à notre Société une intéressante brochure sur *l'État indépendant du Congo à l'Exposition universelle d'Anvers*, dans laquelle il s'est proposé d'appeler l'attention du public industriel français sur l'exemple que donnent nos voisins de Belgique en matière de commerce colonial, et sur le concours énorme qui a été apporté dans cette entreprise par l'industrie privée à l'œuvre gouvernementale.

Après un exposé géographique et un historique abrégé de la fondation de l'État indépendant, M. Portevin expose comment, dès 1885, une première Société, au capital de 600 000 *f*, se constitua, assez péniblement, d'ailleurs, sous le nom de Société du Congo : ce fut la Société même dont sont issues toutes celles qui se créèrent par la suite et dont le nombre est déjà très respectable.

L'Association des Ingénieurs et des Industriels, sur l'initiative de M. E. Rombaut, Inspecteur général de l'Industrie et de l'Enseignement technique, demanda à quelques sous-officiers, récemment rentrés du Congo, non des conférences, mais des causeries, qui prirent peu à peu un niveau plus élevé et furent continuées par de véritables conférences, faites par les officiers, chefs de missions, à la Société de Géographie, au Cercle Africain, créé à cet effet, et dans diverses autres réunions. Il se crée des publications spéciales et peu à peu toute la Belgique, depuis le haut commerce et les grands capitalistes, jusqu'aux plus modestes travailleurs, s'intéresse à l'œuvre pour laquelle le roi Léopold avait montré une si clairvoyante initiative.

Les capitaux privés, hésitants au début, ne tardèrent pas à affluer, non seulement de Belgique, mais aussi de l'étranger, et on vit successivement se former des Sociétés anonymes ayant pour but l'exploitation, sous des formes diverses, des vastes territoires qui composent l'État indépendant. Il n'y a pas actuellement moins de six grandes Compagnies représentant un capital collectif de 35 millions de francs.

Les résultats ne se firent pas attendre et, dès le second semestre de 1886, les exportations atteignaient 886 000 *f* au commerce spécial, et 3 456 000 *f* au commerce général. Sept ans après (2e semestre de 1893), les

chiffres correspondants s'élevaient à plus de 3 millions. Presque tout est à destination de la Belgique. L'ivoire occupe la première place parmi les produits exportés, puis vient le caoutchouc et l'huile de palme. On peut y ajouter les gommes copal et les bois d'ébénisterie, dont l'exploitation paraît avoir un grand avenir.

Toutefois, c'est principalement le développement considérable du commerce d'importation de la Belgique au Congo qui démontre le parti qu'une nation industrielle peut tirer d'une colonie, celle-ci n'eût-elle, comme les centres africains, que des populations dont la civilisation et les besoins sont à l'état rudimentaire.

Le chiffre de ces importations s'est élevé, en 1893, à 9 175 000 *f* au commerce spécial et à 10 148 000 *f* au commerce général.

Les principaux objets d'importation sont, d'abord, les tissus de coton, puis les denrées alimentaires, les boissons alcooliques, les armes et munitions, etc. La Belgique donne naturellement le plus gros chiffre, l'Angleterre vient ensuite, puis l'Allemagne.

Les objets d'importation se divisent en deux catégories: ceux qui sont nécessaires aux besoins des Européens et de la colonisation et ceux qui peuvent être utilisés pour le commerce de troc avec les indigènes.

On compte, parmi les premiers, les habitations, objets de campement, les meubles établis spécialement pour les colonies et dont on voyait d'intéressants spécimens à l'Exposition d'Anvers, les moyens de transport, bateaux à vapeur, matériel de chemins de fer, appareils télégraphiques.

A cette occasion la note dont nous nous occupons donne d'intéressants détails sur le chemin de fer qui doit s'étendre sur 400 *km* de Matadi à Leopoldville et qui est déjà en exploitation sur 70 *km*. L'écartement est de 0,95 *m* et les rails en acier pèsent 19 *kg* le mètre courant.

Les marchandises destinées au troc sont d'abord les tissus de coton fournis pour la moitié par l'industrie belge, les eaux-de-vie de traite provenant d'Allemagne et de Hollande, les verroteries, les fils de cuivre qui concourent, avec le cuivre produit dans le pays même, à servir de monnaie dans les marchés des indigènes entre eux et avec les Européens, les outils divers et la quincaillerie, enfin les armes de traite.

Au sujet de ces dernières se place une observation intéressante. On entend souvent blâmer l'imprudence et l'égoïsme des trafiquants qui, dans un but de lucre, fournissent les indigènes d'armes dont ils se serviront contre les Européens.

D'abord l'importation des armes perfectionnées est sévèrement interdite; il ne s'agit que de fusils grossiers, dits fusils de traite, valant 7 *f* à bord à Anvers et d'une qualité telle, qu'avec le tort qu'ont leurs possesseurs de les bourrer généralement jusqu'à la gueule, ils sont beaucoup plus dangereux pour ceux-ci que pour leurs adversaires. D'ailleurs, ces fusils sont infiniment moins redoutables, même sans cette considération, que les flèches empoisonnées dont se servent trop souvent les indigènes et il serait fort à désirer voir ceux-ci remplacer ces flèches par des armes à feu.

M. Portevin donne d'utiles renseignements sur les précautions à prendre pour l'emballage des marchandises et sur leur division néces-

saire jusqu'ici en colis ne dépassant pas 30 à 35 *kg*. A ce dernier point de vue le chemin de fer réalisera d'énormes progrès pour la facilité, la rapidité, la sécurité et l'économie du transport.

Notre collègue rappelle en terminant que, par ce temps de crises commerciales et de luttes économiques, c'est dans les pays neufs qu'on doit chercher les débouchés que les nations civilisées offrent de moins en moins les unes aux autres, tant en raison de leur politique douanière que du développement de leurs propres moyens de production. La France possède d'immenses territoire, soit comme colonies directes, soit comme pays de protectorat soumis à son influence.

Jusqu'ici nos commerçants et nos industriels se sont désintéressés de l'exploitation commerciale de nos colonies et c'est surtout pour les Anglais et les Allemands que nous avons travaillé en ouvrant de nouveaux territoires à la pénétration du commerce européen.

L'exemple de nos voisins de Belgique montre ce que peut l'initiative privée s'associant aux efforts des pouvoirs publics; espérons que nos industriels sauront les imiter pour utiliser les larges moyens dont ils disposent pour leur profit et l'honneur du pays.

Les écartements de voie des chemins de fer au Brésil. — Nous devons à l'obligeance de notre distingué collègue M. Desgrange la communication du tableau suivant qui donne la répartition des divers écartements de voie sur les chemins de fer brésiliens. On voit qu'à l'exception de la voie normale européenne de 4 pieds 8 pouces et demi ou 1,44 *m*, tous les écartements connus sont représentés, certains, il est vrai, en proportion infime : ces derniers sont des lignes minières ou industrielles.

VOIES	PROPRIÉTÉ de L'UNION FÉDÉRALE	PROPRIÉTÉ des ÉTATS FÉDÉRÉS	PROPRIÉTÉ des COMPAGNIES PRIVÉES	LONGUEUR TOTALE
m	*kg*	*kg*	*kg*	*kg*
1,600	724,820	»	668,079	1 392,907
1,320	»	»	12	12
1,220	»	»	14,600	14,600
1,100	»	»	246,299	246,299
1,067	»	»	268	268
1,050	»	»	27	27
1	1 727,821	36,200	6 214,809	7 978,830
0,960	»	»	260	260
0,800	6,436	»	»	6,436
0,760	»	»	650,196	650,196
0,600	»	»	126	126
	2 459,085	36,200	9 486,983	10 982,268

En somme, sur 11 000 *km*, il y en a 8 000, soit 73 0/0 ou les trois quarts en nombre rond en voie de 1 *m*, et si on tient compte des écartements très rapprochés de celle-ci soit en plus soit en moins, qu'il serait possible de ramener à 1 *m* sans grande difficulté, on arriverait à un total de 8 780 *km* ou 80 0/0 du total. Il est probable que, dans un avenir prochain, on arrivera à réduire ces écartements à trois : la voie large de 1,60 *m*, la voie de 1 *m* et la voie de 0,760 *m*.

L'usine de Soho. — On verra probablement dans quelques semaines disparaître la célèbre usine de Soho, près de Birmingham, où James Watt créa la machine à vapeur moderne. En effet, les journaux anglais portent dans leurs annonces à la connaissance du public que, au mois de mai prochain, sera mise en vente, pour cause de liquidation, l'usine de Soho appartenant à la Société J. Watt et C^ie^, précédemment Boulton et Watt, avec l'outillage qui la garnit, la clientèle, achalandage, etc. Au cas où la propriété ne serait pas vendue en bloc, la vente aura lieu par lots et celle du matériel au détail. Une annonce spéciale appelle l'attention du public sur une collection unique de dessins originaux de machines atmosphériques, de machines avec roue planétaire et des premières machines à manivelles, de lettres de Watt, de Boulton, de Murdoch, Telford, Rennie, Arkwright, etc., remontant jusqu'à 1760, de modèles de toute sorte et autres objets d'intérêt exceptionnel pour les Ingénieurs.

Il est probable que le gouvernement anglais ou, à son défaut, les Sociétés savantes de la Grande-Bretagne ne laisseront pas disperser ces collections, sans en recueillir la partie la plus intéressante, et tiendront à honneur de conserver les traces des débuts du grand moteur industriel du XIX^e^ siècle.

Il est bien à regretter que, lors de la disparition de tant de maisons qui avaient fondé l'art de la construction mécanique en France, on n'ait pas conservé les dessins des machines les plus intéressantes exécutées dans ces ateliers. Avant 1850, il n'existait qu'un petit nombre de publications industrielles, et beaucoup de machines très remarquables pour leur époque ont disparu sans laisser de traces (1). On aimerait à trouver au Conservatoire des Arts et Métiers une partie au moins des dessins qui ont été détruits ou dispersés lors de la fermeture des ateliers de Manby et Wilson, à Charenton ; de Perier et Edwards, à Chaillot ; Aitken et Steel, à La Gare ; Hallette, à Arras ; Pauwels et Cavé, à Paris ; Meyer, à Mulhouse, pour ne parler que des principaux, et on est étonné de voir l'indifférence avec laquelle la question de la conservation de ces reliques d'une époque encore bien près de nous est traitée, même par des esprits éclairés. Nous connaissons une maison de premier ordre, qui a un passé glorieux et une situation très prospère et où on nous a déclaré qu'on n'avait conservé aucun dessin, aucune pièce, ni aucun document technique antérieur à 1848.

(1) Le *Bulletin de la Société d'Encouragement*, la *Publication de Leblanc* et quelques autres, ont rendu, au point de vue qui nous occupe, les plus grands services, en nous conservant les dessins d'un certain nombre de machines intéressantes.

Pour en revenir à l'usine de Soho, elle avait été créée par Boulton plusieurs années avant son association avec Watt et était consacrée à la fabrication d'objets de diverses natures en métal, ainsi qu'à la frappe des monnaies et médailles, industrie qui y a, du reste, été conservée jusqu'à l'époque actuelle, car dans les annonces de vente figure l'énonciation d'un matériel monétaire complet. La force motrice était à l'origine empruntée à une roue hydraulique que faisait marcher l'eau d'un étang élevée au moyen d'une machine à vapeur de Savery. On sait que c'était, avant la machine à vapeur à rotation, le moyen peu économique qu'on employait souvent pour se procurer, en l'absence de chute d'eau, sur un arbre tournant, une force supérieure à celle que pouvait donner l'emploi de plusieurs chevaux attelés à un manège. Playfair a fait à ce sujet la remarque curieuse que l'acquisition des terrains près de l'étang, la nature peu favorable du sol pour la construction et diverses sujétions ont fait dépenser à Boulton pour cette question de force motrice près de 250 000 *f*, alors qu'une machine à vapeur comme celles qu'il devait construire plus tard aurait coûté moins du dixième de cette somme.

Les ateliers de Soho, à part la notoriété qu'ils devaient à la naissance de la machine à vapeur, ont joui d'une grande réputation dans la première moitié de ce siècle. Ils ont construit une partie des machines des premiers bateaux à vapeur et fourni beaucoup de puissants appareils à la marine de guerre et de commerce de la Grande-Bretagne. On peut citer, dans une période relativement récente, les machines à hélice du *Great Eastern* et celles des paquebots d'Holyhead *Ulster* et *Munster*. Mais depuis longtemps cette usine, jadis si connue, ne faisait plus parler d'elle, et sa disparition, en dehors des souvenirs historiques qui s'y rattachent, ne causera pas une grande sensation. Il nous a cependant paru utile de ne pas la laisser passer sans la signaler tout au moins.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

JANVIER 1895

Liste des membres titulaires, honoraires et correspondants du Conseil d'administration.

Rapport de M. Ed. SIMON sur une **balance-trieuse automatique** servant à peser les flottes de soie à tours comptés ou toutes autres matières textiles, de M. GOTTELMANN.

Il est à peu près impossible que les soies présentent au titrage une régularité complète dans les diverses parties d'un même écheveau et, à plus forte raison, dans les écheveaux différents d'une même balle. Pour atténuer l'effet de ces irrégularités, on en est réduit ou au dévidage à tours comptés qui donne une longueur régulière pour chaque écheveau, ou au pesage isolé des écheveaux, de manière à grouper ceux-ci suivant des poids uniformes et moyens.

Ce pesage se fait à la main et les indications manquent d'exactitude. M. Gottelmann lui substitue l'emploi d'une balance-trieuse automatique. Cet appareil se compose de vingt-cinq balances parallèles, dont les poids varient régulièrement de la première à la dernière. A l'extrémité du fléau opposé au poids est une sellette destinée à recevoir l'écheveau, laquelle, si la balance s'infléchit, laisse glisser l'écheveau jusqu'à une cheville où il s'accroche. Un mécanisme, dont nous ne pouvons que faire comprendre le principe, reprend l'écheveau et le transporte à la balance voisine, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait rencontré celle dont le poids correspond au titre propre de cet écheveau.

Cet appareil peut peser dix-huit flottes ou écheveaux à la minute, c'est-à-dire faire le double du travail à la main avec une exactitude et une précision qu'on ne peut obtenir avec celui-ci.

Rapport de M. le colonel PIERRE sur le **système de tendeur** de M. ROULLOT.

Ce système de tendeur est applicable aux rais de roues de bicyclettes et aux cordes de pianos ; son principe est le serrage du fil métallique à tendre entre une chape et un galet dont l'axe est excentré par rapport à la circonférence. C'est la rotation du galet sous l'action d'une clé appliquée à un carré qui termine la chape qui produit la tension du fil.

Chauffage à la vapeur et à l'air comprimé combinés employé à la Compagnie des Chemins de fer de l'Est, par M. LANCRENON, ingénieur en chef adjoint du matériel et de la traction de cette Compagnie.

Cette importante note débute par l'examen critique des divers modes de chauffage employés jusqu'ici dans les chemins de fer, lesquels peuvent être divisés en trois groupes : les accumulateurs de chaleur, les appareils qui comportent au moins un foyer par voiture et les appareils de chauffage continu.

Le chauffage à la vapeur, qui appartient à ce dernier groupe, est le système qui a pris le plus d'extension dans l'Europe centrale et peut être celui qui a le plus d'avenir; mais la grande difficulté qu'il rencontre est l'évacuation de l'eau de condensation, dont l'accumulation arrête la circulation de la vapeur et le fonctionnement du système. La gelée contribue à cet effet en bouchant les orifices d'écoulement de cette eau.

Le procédé employé par la Compagnie de l'Est a précisément pour but de parer à cette difficulté. Il consiste à employer un mélange de vapeur et d'air comprimé dans lequel ce dernier produit un balayage et un entraînement continuels de l'eau de condensation. L'air est emprunté à la pompe du frein et la vapeur à la chaudière de la locomotive. Avec les longs trains, on est obligé de mettre sur la machine une deuxième pompe à air. Ce système, qui a été mis en expérience dans l'hiver 1891-92, est actuellement appliqué sur une certaine échelle. Les appareils nécessaires ont déjà été montés sur plus de 500 voitures ou fourgons et sur 230 machines. On peut compter, parmi ses avantages, celui d'être parfaitement modérable. Une objection est le poids des appareils qui est en moyenne de 500 *kg* par voiture, mais il est difficile d'arriver à un chiffre plus faible avec les autres systèmes fixes. Les dépenses de service sont peu élevées.

Extinction et silotage des chaux et ciments, par M. H. Le Chatelier.

Cette note contient une étude scientifique du phénomène de l'extinction et une explication théorique du silotage qui consiste à mettre les ciments moulus en magasin dans des cases plus ou moins profondes pour l'y abandonner à lui-même. Cette précaution a pour effet de faire disparaître la chaux libre. On trouvera aussi quelques considérations sur les essais des chaux et ciments et, notamment, sur l'essai qui utilise, pour caractériser la chaux libre, le gonflement rapide et considérable que produit son extinction effectuée à la température de 100 degrés.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Janvier 1895

Mémoire sur la **résistance des rivets,** par M. Dupuy, Inspecteur général des ponts et chaussées en retraite.

Les recherches qui font l'objet de ce mémoire ont eu lieu à l'occasion d'une mission spéciale donnée à l'auteur par M. le Ministre des Travaux publics, à l'effet de rechercher les causes de détérioration qui se produisent dans les ouvrages métalliques.

On s'est servi d'un certain nombre d'appareils pour les expériences, notamment des machines à essayer les métaux de l'École des Ponts et Chaussées et de la Compagnie d'Orléans, et de deux élasticimètres à multiplication, etc.

La description sommaire de ces appareils est donnée. Les résultats obtenus sont présentés sous forme de conclusions relatives : les unes à la

résistance des barrettes, les autres à celle de la rivure; puis l'auteur examine avec beaucoup de détails les conséquences à tirer de ces conclusions. Celles qui portent sur la rivure sont notamment relatives aux coefficients de sécurité pour la rivure, les calculs de celle-ci, les efforts tendant à faire sauter les têtes des rivets, le rapport entre le diamètre des rivets et l'épaisseur des tôles, les précautions à prendre pour le rivetage.

La note se termine par des considérations sur les résistances secondaires, c'est-à-dire celles qui naissent de la flexion des pièces ou de la part qu'elles prennent dans la résistance des autres pièces, résistances qui, parfois, dans les poutres en treillis, font plus que doubler les résistances calculées suivant les méthodes ordinaires. On y trouvera l'étude de quelques cas donnés surtout pour appeler l'attention des constructeurs sur la question et les amener à tenir compte, dans la mesure du possible, de ces résistances dans les calculs. Ce travail contient un grand nombre de tableaux relatifs aux essais de résistance faits sur des pièces assemblées au moyen de rivets.

ANNALES DES MINES

12e livraison de 1894.

Les plans inclinés aériens de la Société d'exploitation des mines de nickel en Nouvelle-Calédonie, par M. L. Babu, Ingénieur des mines, directeur de la Société d'exploitation des mines de nickel.

Ce travail expose les divers modes de transports aériens et indique l'utilité de ce système pour les exploitations de la Nouvelle-Calédonie, où la difficulté des transports constitue un obstacle sérieux pour ces exploitations. Il décrit ensuite les installations de plans aériens, avec les détails de construction et les calculs d'établissement et donne d'intéressants renseignements sur le service de ces plans, le prix de construction et les frais d'exploitation. On peut ainsi admettre une dépense de 6 000 à 8 000 *f* par kilomètre et un prix de transport de 0,50 *f* par tonne kilométrique avec une main-d'œuvre indigène évaluée à 3 *f* par journée d'ouvrier.

Bulletin des accidents d'appareils à vapeur survenus pendant l'année 1893. Il y a eu, en 1893, 37 accidents ayant causé la mort de 27 personnes et des blessures à 35 autres.

Sur ces 37 accidents, 22 sont arrivés à des chaudières chauffées en tout ou en partie à l'extérieur, dont 4 à petits éléments, 6 à des chaudières non chauffées à l'extérieur, 2 à des annexes de chaudières, telles que réchauffeurs, etc., et 7 à des récipients. Si on examine les causes des accidents, on trouve que 6 d'entre eux doivent être attribués à des conditions défectueuses d'établissement, 10 à des conditions défectueuses d'entretien, 16 à un mauvais emploi des appareils et 9 à des causes non précisées; le total est supérieur à celui des accidents, parce que, dans quatre cas, l'accident a paru pouvoir être attribué à deux causes réunies, disposition vicieuse et mauvais état.

1re livraison de 1895.

Étude sur **l'industrie des phosphates et superphosphates,** par M. D. Levat, Ingénieur civil des Mines.

Le développement considérable qu'a pris dans ces dernières années l'industrie des phosphates donne de l'intérêt à cette étude, qui passe en revue successivement les phosphates naturels en France, Algérie et Tunisie, puis à l'étranger, avec une monographie des gisements de la Floride, qui ne sont exploités que depuis 1890, mais qui ont une très grande importance.

L'étude comporte, pour chaque partie, des considérations géologiques, une description, l'indication de l'importance, des résultats d'exploitation, des moyens de transport par terre et par mer, etc., avec des renseignements succincts sur les règlements qui régissent la matière au point de vue administratif.

Cette livraison ne contient que la première partie de l'étude dont nous nous occupons.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Janvier 1895

District du Sud-Est

Réunion des 2, 3 et 4 juin 1894.

Le but de cette réunion était une excursion à la montagne de l'Aigoual et aux mines des Malines. La première est un sommet isolé, dont l'altitude marquée par une borne-repère qui a servi aux opérations géodésiques de la triangulation de la France est de 1 567 *m.* On y jouit d'une vue superbe sur la chaine du Cantal, les Alpes de la Drôme, etc. Quand le temps est favorable, on aperçoit même le Pic du Midi à 330 *km* en ligne droite. Cette partie constitue le faite hydrographique de la France; il est donné des détails sur sa constitution géologique et sur les travaux entrepris depuis vingt ans par l'État pour le reboisement des montagnes de l'Aigoual et l'extinction des torrents. Il a été créé à cet endroit un observatoire construit et géré par l'Administration des forêts.

Les mines de Malines ont commencé à être exploitées en 1874 et, depuis 1885, l'extraction de la calamine y a pris un grand développement; en 1893, on a extrait 39 000 *t* de minerai, calamine et blende. L'exploitation se fait par puits et plans inclinés. Les minerais sont calcinés dans des fours à cuve et lavés dans une laverie bien aménagée avec des appareils mécaniques qui peut traiter 50 à 60 *t* par jour. La mine occupe avec ses annexes 450 ouvriers.

Réunions de Saint-Etienne

Séance du 5 janvier.

Communication de M. Soulages sur **Deux modifications récentes apportées à la chaudière Field.**

La chaudière Field présente, à côté de ses avantages bien connus, un inconvénient dans l'emploi de l'obturateur destiné à prévenir le passage direct des gaz chauds à la cheminée et à les diriger sur les tubes pendants.

Cet obturateur est gênant, a peu de durée et peut amener des accidents si sa tige de suspension vient à se rompre.

M. Couffinhal, ingénieur en chef des ateliers Bietrix, a eu l'idée de supprimer l'obturateur en donnant au ciel du foyer une forme légèrement bombée, de sorte que les tubes convergeant vers le bas se trouvent exposés directement à l'action de la flamme.

M. Bernard, contremaître à la Société des Forges et Aciéries de Saint-Étienne, a apporté à la chaudière Field une autre modification. Comme c'est la partie qui avoisine le gueulard et la cornière de base qui s'usent le plus vite, on les supprime et on fait le foyer en maçonnerie ; la chaudière ne commence qu'au bas des tubes. Cette modification assure une grande durée aux chaudières de ce genre et peut être avantageusement combinée avec le dispositif précédent.

Compte-rendu par M. Mallet d'un ouvrage de M. Durand intitulé : **La résistance des matériaux simplifiée. — Calcul immédiat des fermes de charpente en fer et en bois.**

La caractéristique de cette méthode est d'être d'une application simple et rapide, même pour les personnes n'ayant qu'une instruction élémentaire ; elle permet de calculer presque instantanément une ferme, quelle que soit la complication de sa forme particulière et du nombre de pièces qui la composent. A cet effet, des formules donnent pour chaque élément d'un profil, la valeur en kilogrammes de l'effort qu'il subit. Ces formules sont constituées par un produit qui comprend comme facteurs, pour un type de ferme quelconque, les données de la question, telles que espacement, portée, charge par mètre carré, et des constantes (valeurs trigonométriques) calculées de 30′ en 30′ pour tous les angles de 0 à 90°.

On peut ainsi obtenir par des calculs tout à fait élémentaires toutes les solutions nécessaires.

Gisements de minerais de fer de la Russie (traduit du *Colliery Guardian*).

Production des Combustibles minéraux dans le monde (traduit du *Colliery Guardian*).

La production totale pour 1893 a été de 566 600 milliers de tonnes, dont 184 000 pour la Grande-Bretagne qui tient la tête, 182 000 pour les États-Unis, 103 000 pour l'Allemagne, 28 000 pour la France et autant pour l'Autriche. La Belgique vient au sixième rang avec 22 000, et la Russie après avec 7 600.

Production du pétrole dans le monde (traduit du *Colliery Guardian*).

En 1893, la production totale du pétrole a été de 84 millions de barils d'environ 178 litres, sur lesquels les États-Unis ont fourni plus de la moitié, soit 48 millions et la Russie 33 millions ; il ne reste que 3 millions de barils ou moins de 4 0/0 pour tous les autres pays, en tête desquels

viennent l'Autriche-Hongrie, le Canada et le Pérou pour 2 millions de barils ensemble. Le million restant est produit par les autres pays : Indes, Allemagne, Pérou, Japon, etc.

Production houillère du Pas-de-Calais et du Nord en 1893 et 1894.

Les deux bassins ont produit en 1893 un total de 13 718 321 *t* et l'année suivante 15 637 957 *t*, soit une différence de 1 920 000 *t* environ en faveur de 1894.

Le plus gros chiffre est donné, pour le Pas-de-Calais, par les mines de Lens, 2 286 000 *t* en 1894 et, pour le Nord, par les mines d'Anzin, 2 862 000 pour la même année. On voit que ces deux mines représentent à elles seules 33 0/0 de la production totale des deux bassins réunis.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 9. — *2 mars 1895.*

Machine à essayer les matériaux, système Emery, par Martens.

Efforts intérieurs qui tendent à amener la rupture des chaudières de locomotives et de machines marines et moyens d'en prévenir l'effet, par G. Lentz.

L'articulation à genou, par L. Vianello.

L'acétylène et son emploi pour la production du gaz d'éclairage et de l'alcool, par A. Franck.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Machines-outils américaines pour le travail des bois et des métaux. — Machine à vapeur surchauffée de Schmidt.

Groupe de Cologne. — Calcul des tuyaux à section elliptique soumis à une pression extérieure.

N° 10. — *9 mars 1895.*

Régularisation des rapides du Danube entre Stenka et les Portes-de-Fer, par H. Arnold *(suite)*.

Machines à gaz et petits moteurs à l'Exposition industrielle de Thuringe, à Erfurt en 1894, par Fr. Freytag *(suite)*.

Nouvelle disposition de pompe à vapeur à action directe de Hulsenberg, par C. Haase.

Calcul des profils de fers en T et en E, par R. Land.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Installations hydrauliques pour force motrice.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Application des courants électriques à la transmission de la force motrice.

N° 11. — *16 mars 1895.*

Expériences relatives à l'influence du contact des tôles et des têtes de rivets sur la résistance de la rivure, par C. Bach.

Élévation de l'eau au moyen du gaz, de la gazoline et du pétrole, par M. Mungel.

Machines à gaz et petits moteurs à l'Exposition industrielle de Thuringe, à Erfurt en 1894, par Fr. Freytag *(fin)*.

Propriétés physiques les plus importantes des matériaux destinés à la fabrication de produits réfractaires, par P. Jochum.

Essai d'une machine compound demi-fixe de 150 *ch* de R. Wolf, à Magdebourg-Buckau.

Groupe de Breslau. — Coup d'œil sur les chemins de fer allemands.

Groupe de Carlsruhe. — Les machines frigorifiques comparées au point de vue des propriétés de l'agent de transmission du froid.

Bibliographie. — Le magnétisme : théorie et applications, par H. du Bois.

Variétés. — Modification de forme des hélices, par C. Rheinwald.

N° 12. — *23 mars 1895.*

Régularisation des rapides du Danube entre Stenka et les Portes-de-Fer, par H. Arnold *(fin)*.

Expériences sur un moteur à pétrole, par W. Hartmann.

Appareils de changement de voie et signaux à l'Exposition universelle de Chicago en 1893, par H. Heimann *(suite)*.

Expériences sur des hélices en acier coulé et en acier au nickel sur le vapeur *Hay* de la marine impériale et sur deux autres bateaux à vapeur à Wilhelmshaven.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — État actuel de l'éclairage au gaz aux États-Unis.

Groupe du Rhin inférieur. — Chauffage au poussier de houille.

Groupe de la Ruhr. — Bases de la nouvelle électro-chimie.

N° 13. — *30 mars 1895.*

Travaux d'épuisement pour la construction d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsch.

Nouvelles installations d'épuisement pour mines, par E. Josse.

Expérience sur un moteur à pétrole, par W. Hartmann *(suite)*.

Appareils de changement de voie et signaux à l'Exposition universelle de Chicago, en 1893, par H. Heimann *(fin)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Quelques considérations sur la législation allemande des patentes d'invention.

Variétés. — Coût de la production de la vapeur.

Correspondance. — Expériences sur une roue à aubes de nouvelle construction pour bateaux à vapeur. — Amélioration de la ventilation dans les appareils de plongeurs.

BIBLIOGRAPHIE

Les chemins de fer à l'Exposition de Chicago. — Voies, signaux, matériel roulant et tramways, par M. GRILLE. — Paris, E. Bernard et Cie, éditeurs, 53 *ter*, quai des Grands-Augustins.

Nous avons présenté à nos collègues, dans le *Bulletin* de décembre 1894, le premier volume des *Chemins de fer à l'Exposition de Chicago* (1), traitant des locomotives. Nous leur demandons la permission d'appeler leur attention sur le second volume qui vient de paraître et qui traite des voies, signaux, matériel roulant et tramways.

Cette partie embrasse un terrain extrêmement vaste, comme il est facile de le comprendre, d'après le développement si considérable de l'industrie des transports aux États-Unis, d'autant plus que M. Grille ne se contente pas de parler des objets exposés à Chicago, mais a cru, avec raison, devoir décrire les diverses installations intéressantes qu'il a eu occasion d'observer en dehors. De même que, dans la question des locomotives, nous avons indiqué combien il était utile pour les Ingénieurs européens d'étudier les particularités de la construction américaine et de se rendre compte des raisons qui avaient imposé certaines dispositions plus ou moins bizarres à première vue et choquant souvent nos idées, de même nous avons beaucoup à étudier et peut-être aussi à prendre dans les autres parties constituant l'ensemble des chemins de fer. Le livre de M. Grille contient, à cet égard, une masse énorme de documents qu'on y trouve réunis pour le plus grand bénéfice des chercheurs sous une forme qui facilite beaucoup les études.

Nous allons passer très rapidement en revue les divers chapitres de ce volume.

Pour la voie, nous avons peu à envier aux Américains; leurs voies sont solides, mais médiocrement installées, formées invariablement de rails à patins, toujours posés sur traverses en bois, avec peu ou point de ballast. Ces rails sont souvent de très grande longueur : le Pennsylvania R. R. en essaye en ce moment de 30 *m*. On ne doit pas être étonné de constater dans les intersections de lignes le caractère d'économie et de provisoire qui caractérise les travaux publics en Amérique. On ne craint pas de multiplier les croisements à niveau même sur les lignes principales et aux abords des grandes lignes, au grand détriment de la sécurité et de la rapidité des transports; et cette insouciance constitue un contraste frappant avec les soins qu'on met chez nous à éviter ou à supprimer à grands frais ces points dangereux. Il est toutefois juste

(1) Dans le compte rendu relatif à ce premier volume, nous n'avions pu faire mention de la collaboration de M. L. Laborde, membre de la Société, dont le nom avait été omis sur le titre, dans l'impression du volume. Nous profitons de l'occasion qui se présente pour signaler cette omission et rendre à notre jeune collègue la justice qui lui est due.

d'ajouter qu'il se produit déjà une réaction contre cet état de choses et on a fait, notamment sur le Pennsylvania R. R., des travaux importants pour la suppression de certains croisements à niveau.

Le block-system est relativement peu employé, son usage est réservé à l'approche des grands centres; il y a toutefois une tendance très visible à l'emploi des agents mécaniques pour la manœuvre des signaux, c'est l'air comprimé qui réussit le mieux; on trouvera décrites d'intéressantes applications d'installations centrales de signaux.

M. Grille consacre une partie importante à l'étude du service du transport des voyageurs à l'Exposition de Chicago, pour lequel tous les moyens connus avaient été mis à contribution, et il tire de cette étude des conclusions qui peuvent être très utiles au point de vue de leur application à la prochaine Exposition de 1900, où la question des transports jouera nécessairement un rôle tout à fait capital.

Sans entrer dans des détails que le cadre de cet examen sommaire ne saurait comporter, nous indiquerons simplement que le service extérieur entre Chicago et l'Exposition, d'une puissance collective de transport de 110 à 115 000 voyageurs dans chaque sens et par heure, a, en général, fonctionné avec une parfaite régularité. Au contraire, le service intérieur de l'Exposition a été très défectueux, surtout à cause du mauvais tracé de l'intra-mural pour lequel on avait, très à tort, adopté le système aérien; pour ne pas gâter les perspectives, on avait dû le reléguer dans certaines parties surtout périphériques, de sorte qu'il ne desservait que très mal l'Exposition forcément très étendue dans tous les sens. Le trottoir mobile a bien fonctionné, mais il était malheureusement dans des conditions qui ne permettaient pas d'apprécier les services que ce système est susceptible de rendre.

Vient ensuite l'étude du matériel roulant, toujours sur trucks à quatre ou six roues, du chauffage, des freins continus. Les dispositions d'ensemble sont, en général, très bonnes, celles de détail beaucoup moins; sous ce rapport, les Américains auraient souvent à prendre exemple sur ce qui se fait en Europe. On trouvera des indications utiles sur le travail dans les ateliers de wagonnage et sur les procédés pratiques et appropriés à une production en même temps énorme et économique employés en Amérique, et des renseignements sur les prix de revient. Nous signalerons tout particulièrement le chapitre consacré au matériel de luxe qui joue un rôle si considérable aux États-Unis et sur lequel on trouvera des indications aussi complètes qu'intéressantes.

La dernière partie, consacrée aux tramways, tient plus de la moitié de l'ouvrage, et cette place n'est pas exagérée, vu l'importance de la question et le développement prodigieux de ce mode de communication qui est, pour ainsi dire, le seul usité dans les villes américaines. Aux États-Unis, la rue appartient au tramway, tandis que, chez nous, il est à peine toléré et encore à quel prix. Cette différence explique pourquoi dans le premier pays on a pu adopter, au grand avantage de la facilité des transports, des solutions que ne permettraient pas ailleurs le formalisme et la susceptibilité de l'Administration.

On trouvera dans l'ouvrage de M. Grille les détails les plus complets sur les voies, l'installation des lignes à câble, les stations de force mo-

trice, les lignes électriques, etc., les résultats donnés par un certain nombre de lignes prises parmi les plus remarquables de chaque espèce, des renseignements statistiques, etc.

On a pu croire, dit M. Grille, que la traction électrique, qui a pris un si grand développement aux États-Unis, resterait le seul moteur des tramways; il n'en est rien, et on s'est vite rendu compte que les deux systèmes avaient leur place. La traction par câble est indiquée pour une exploitation très intense, telle que celle qui se rencontre dans le centre des grandes villes; elle permet une augmentation considérable dans le service et ne met pas en jeu l'adhérence; elle peut donc aborder des rampes qui, avec d'autres moyens, forceraient à multiplier les voitures; la vitesse de marche se règle beaucoup plus facilement qu'avec l'électricité où elle dépend du conducteur; enfin, elle a l'avantage de ne pas obstruer et enlaidir les voies publiques par l'attirail de poteaux et de câbles des lignes à trolley, ce qui la rend plus facilement applicable aux villes qui ont des prétentions à l'esthétique comme Paris.

En revanche, pour d'autres conditions, le tramway électrique convient parfaitement. Les Américains n'étant nullement gênés par la considération que nous venons d'indiquer ont pu, dès le premier jour, employer le seul système de traction électrique qui soit pratique et économique, jusqu'à ce jour du moins, le système à conducteur aérien et il a immédiatement pris un développement aussi rapide que soutenu.

L'ouvrage dont nous nous occupons est accompagné d'un atlas de 144 planches contenant une très grande quantité de figures qui facilitent la compréhension des appareils et installations décrits dans le texte.

Nous pensons que cette seconde partie des *Chemins de fer à l'Exposition de Chicago* est de nature, comme la première, à rendre de réels services aux personnes que les sujets qui s'y traitent peuvent intéresser, et nous la recommandons, à ce titre, à ceux de nos collègues qui s'occupent des questions relatives aux chemins de fer et aux tramways, persuadé qu'ils y trouveront une foule de renseignements utiles dont une bonne partie est peu ou point connue en Europe.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :

A. Mallet.

ERRATA

A LA

NOTE SUR LES MÉMOIRES

PRÉSENTÉS A

L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME

(Bulletin de février, pages 276 et suivantes)

PAR

M. G.-J. HART

Page 280, ligne 22, *au lieu de :*

$$e = \frac{M}{0{,}33\ CR(C + Rl)},$$

Lire :

$$e = \frac{M}{0{,}33\ CR(C + Kl)}.$$

Page 281, ligne 24, *au lieu de :*

σ coefficient de finesse, $\frac{S}{Ll}$ étant la surface de la flottaison.

Lire :

$\sigma = \frac{S}{Ll}$ coefficient de finesse, S étant la surface de flottaison.

Page 283, ligne 7, *au lieu de :*

$$r_1 = Rb^2v^2.$$

Lire :

$$r_1 = Kb^2v^2.$$

Page 283, ligne 13, *au lieu de :*

$$\text{(avant) } r_3 = v^2\left[\frac{2}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i'v^2\left(1+\frac{\pi v^2}{2l_{av}}\right)\right];$$

Lire :

$$\text{(avant) } r_3 = v^2\left[\frac{2}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)^{\frac{1}{2}}l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i'v^2\left(1+\frac{\pi v^2}{2L_{av}}\right)\right];$$

Page 283, ligne 14, *au lieu de :*

$$(\text{arrière})\, r'_3 = v^2\left[\frac{1}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i'' v^2\left(1+\frac{\pi v^2}{2l_{ar}}\right)\right];$$

Lire :

$$(\text{arrière})\, r'_3 = v^2\left[\frac{1}{45}\left(\frac{1\,026}{4g^2}\right)\left(\frac{Sp\sqrt{\frac{B^2}{lp}}}{W}\right)^{\frac{1}{4}}l\sqrt{\frac{B^2}{lp}}\sin i'' v^2\left(1+\frac{\pi v^2}{2L_{ar}}\right)\right].$$

Page 284, ligne 13, *au lieu de :*

$$r_7 = K^2(u^2 + 2uv) + \sigma_1(u^2 + 2uv). \qquad (8)$$

Lire :

$$r_7 = Kb^2(u^2 + 2uv) + \sigma_1\varphi(u^2 + 2uv). \qquad (8)$$

Page 286, *au lieu de : f, lire : f_1.*

Page 289, ligne 21, *au lieu de :* 35 *cm*, *lire :* 32 *cm*.

Page 290, ligne 2, *au lieu de :* dont le calibre ne dépasse pas 16 *cm* ; *Lire :* de tout calibre.

Page 291, ligne 8, *au lieu de :*

$$P = \frac{1}{29}(m, n, p, v^2 \ldots.),$$

Lire :

$$P = \frac{1}{2g}(m, n, p, v^2 \ldots.).$$

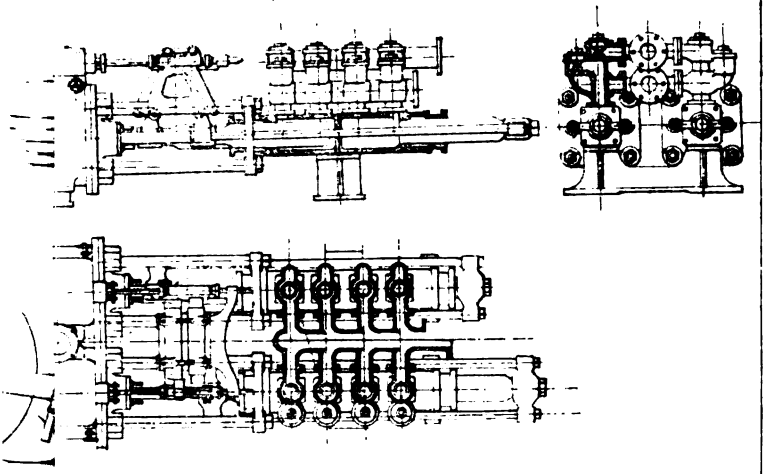
Page 291, ligne 25, *au lieu de :* canons de 10, 14 et 16 *cm* ; *Lire :* canons de 10, 12, 14, 15 et 16 *cm*.

Page 291, ligne 27, *au lieu de :* canons de 19 et 24 *cm* ; *Lire :* canons de 19, 20 et 24 *cm* pour l'armement des grands croiseurs.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 6588- 3-94. — (Encre Lorilleux).

Fig. 9.



Fig

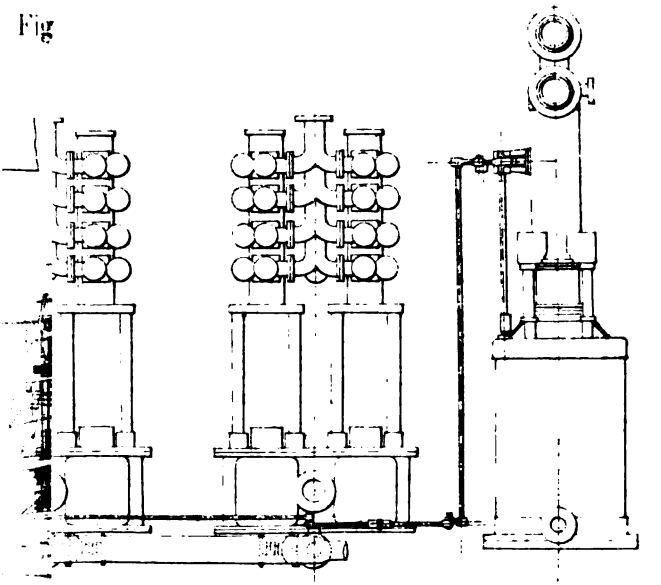
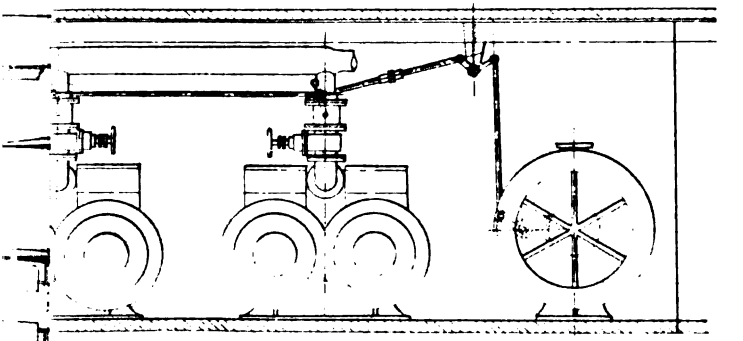


Fig. 12.



Auto-Imp. L. Cornet, 42, rue de Lyon ... Paris

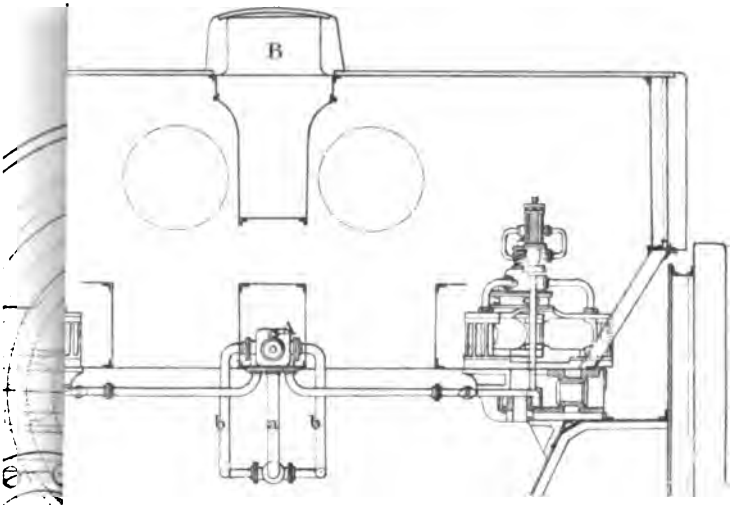
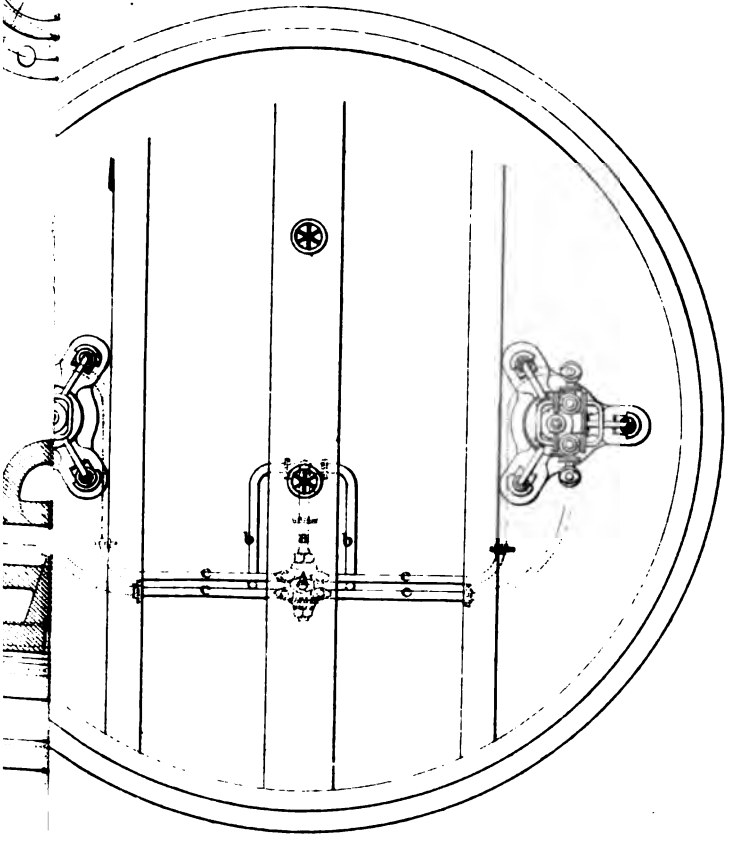


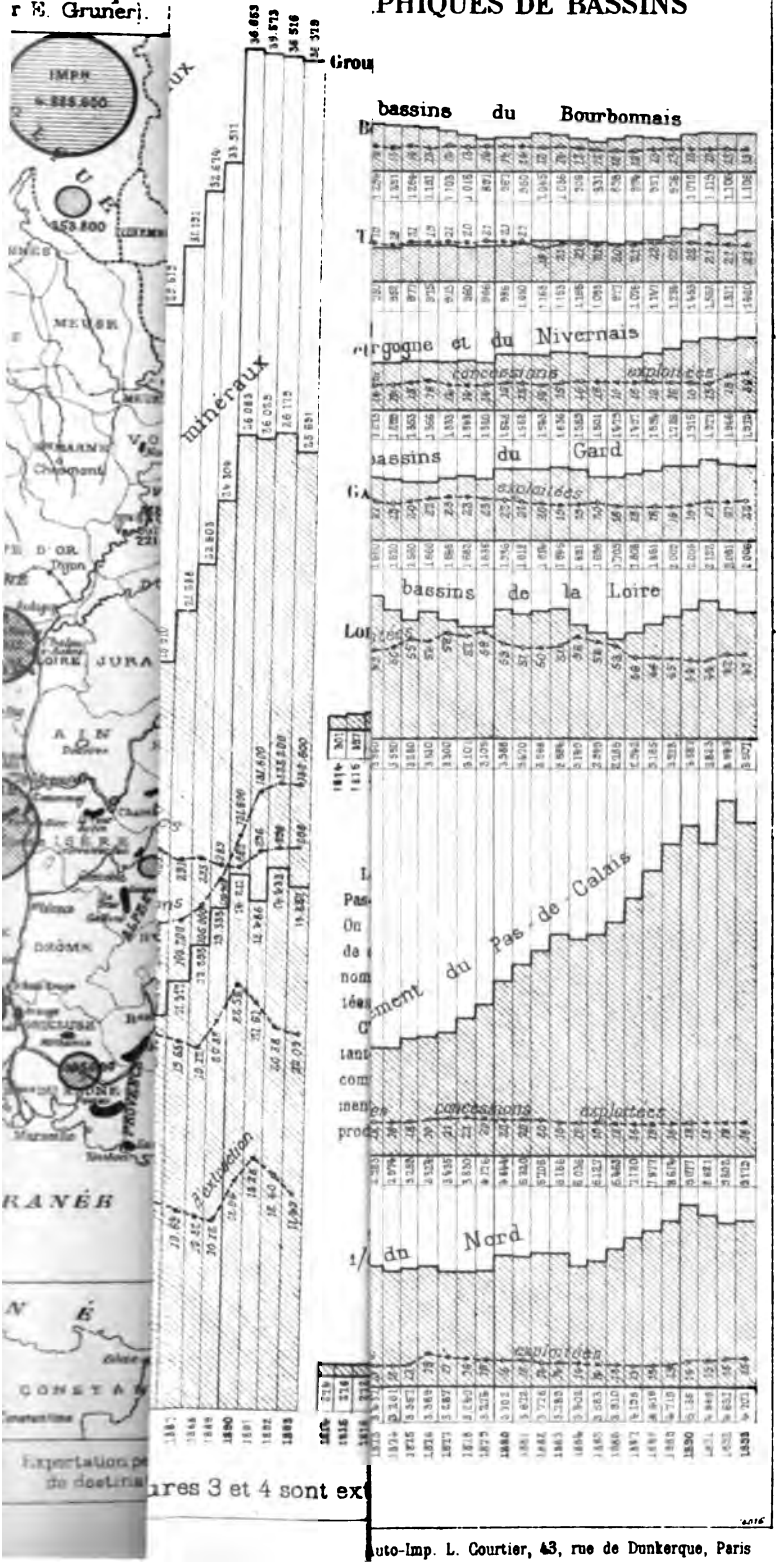
Fig. 16.



Auto-Imp. L. Courtier. 43. rue de Dunkerque. Paris.

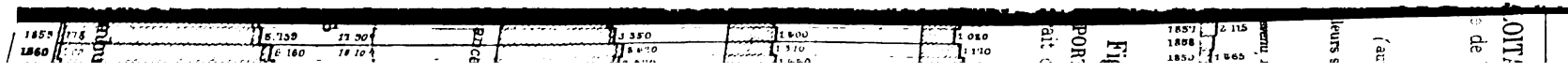
ANCE
rtations par
r E. Gruneri.

.PHIQUES DE BASSINS



ures 3 et 4 sont ex

uto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris



LOITATION DES MINES EN FRANCE DEPUIS 1852

c de l'Industrie Minérale -- 1893

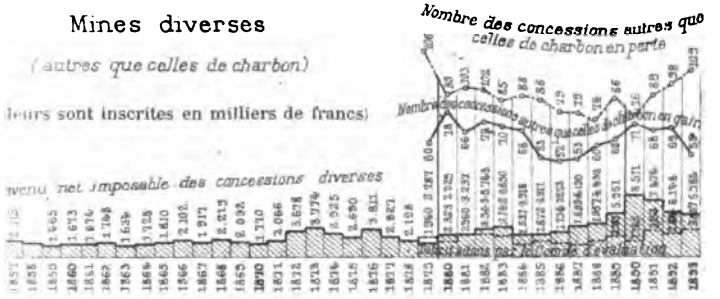
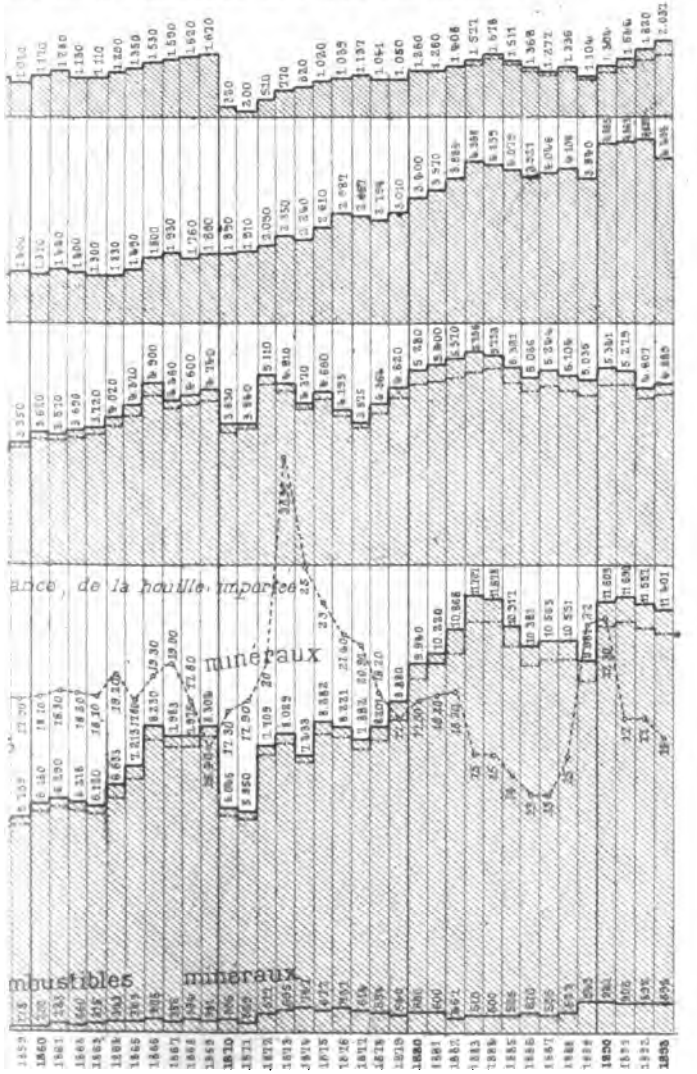


Fig. 9. — IMPORTATIONS EN FRANCE

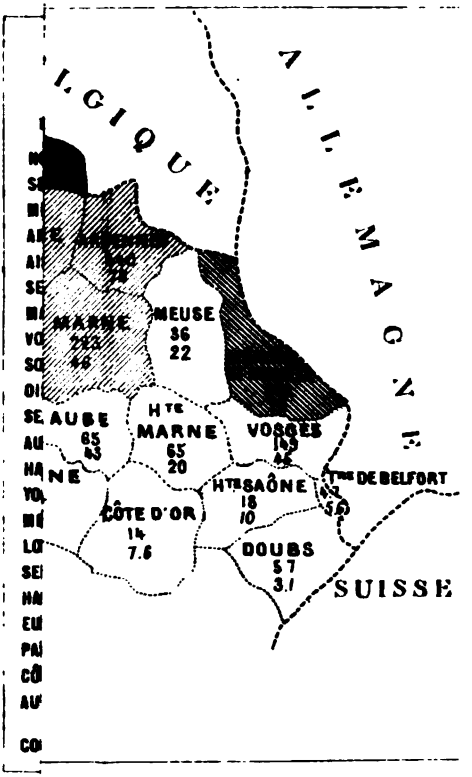
PORTATION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX DEPUIS 1811

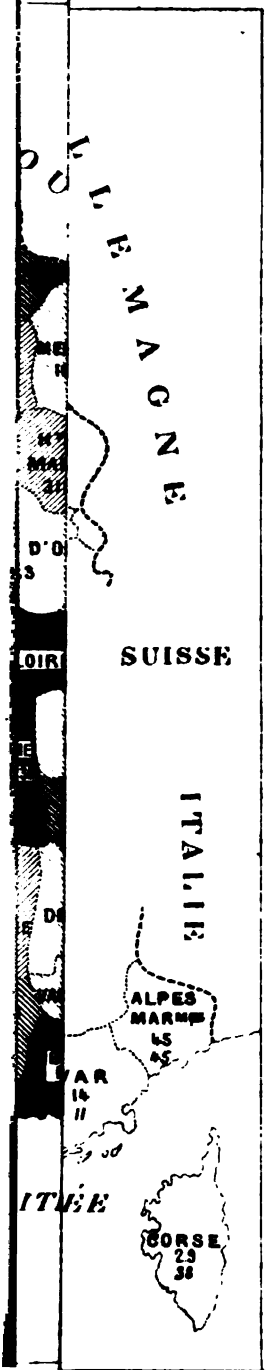
ait de la Statistique de l'Industrie Minérale — 1893

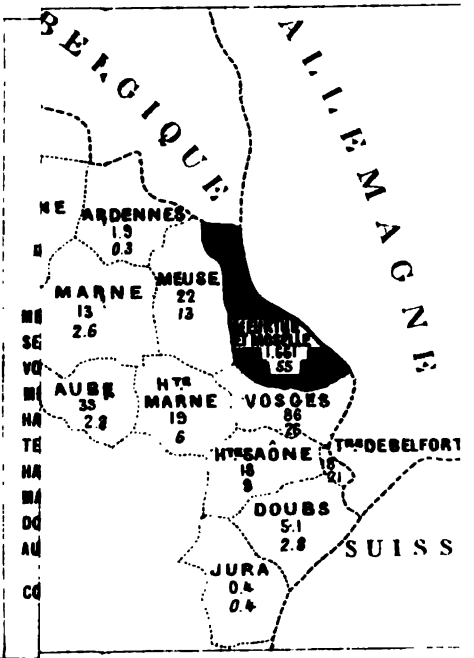


Auto-Imp. L. Courtier. 43. rue de Dunkerque. Paris.

ITES ET INTRODUIT







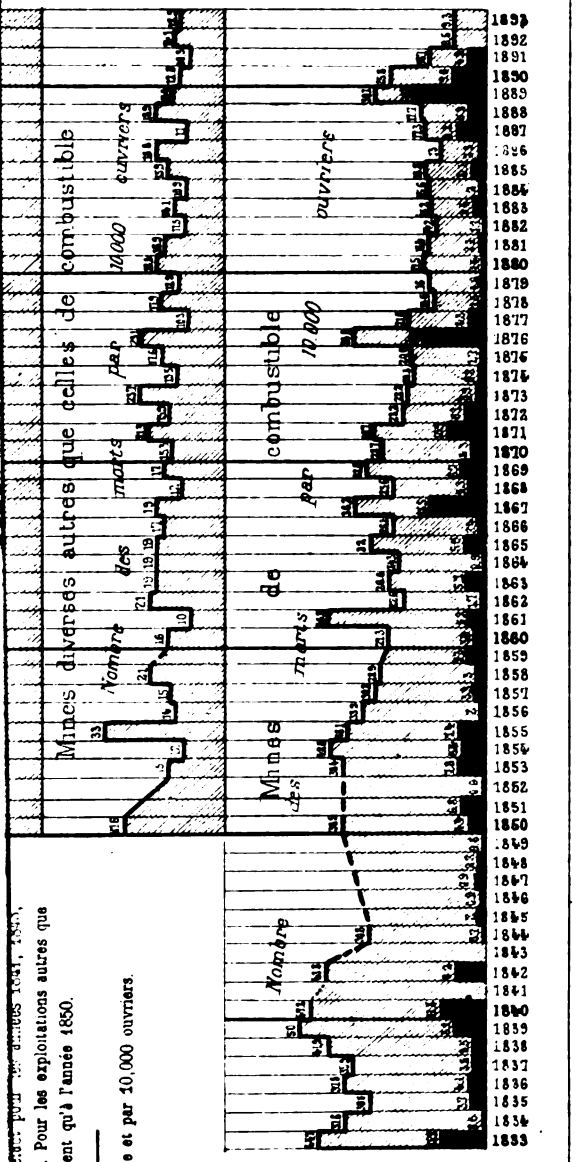
Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, P

Fig.14.—NOMBRE

1° Appareils empl
2° Locomotives aff
3° Appareils prop

C'est en 1732 que l'a
d'Anzin (Nord), pour l'ex
ont été peu employées, e
1816. Depuis cette époqu
festent d'une manière ren
d'environ 2,000 ; il a d
appareils présente une r
fois des chaudières motr
Aux renseignements s
analogues sur le nombre
subi, en 1880, une rédu
les récipients de moins
administrative, et qu'ils

N
pou
loco
en



1845 à 1849, 1851, 1853 et 1859. Pour les exploitations autres que les charbonnages, ils ne commencent qu'à l'année 1850.

Échelle 1/2 °/° par victime et par 10,000 ouvriers.

Le nombre des mineurs tués par le grisou est figuré au moyen de bandes noires ; il a été nul durant les deux dernières années.

Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

D'AVRIL 1895

N° 4

Sommaire des séances du mois d'avril 1895 :

1° *Décès* de MM. E. Lambert, H.-A. Buquet (Séances des 5 et 19 avril), pages 504 et 513;

2° *Décorations et nominations* (Séances des 5 et 19 avril), pages 504 et 513;

3° *Exposition internationale d'hygiène à Paris* (Séance du 5 avril), page 504;

4° *Don de la collection complète des bulletins de la Société depuis sa fondation*, fait par M. F. Pottier (Séance du 5 avril), page 505;

5° *Études sur les ports du Havre, de Lisbonne et de Leixões*, de M. da Costa Couto, analyse faite par M. J. Fleury (Séance du 5 avril), page 505;

6° *Exposition internationale des voitures automobiles à Turin*, lettre de M. D. Federman (Séance du 5 avril), page 506;

7° *Traction mécanique des tramways*, lettre de M. L. Francq (Séance du 5 avril), page 506;

8° *Les accidents et l'assurance obligatoire* (Séance du 5 avril), page 507;

9° *Tramways à l'Exposition de Chicago. Analyse de l'ouvrage de M. Ch. Grille* (Sur les), par M. J. Charton (Séance du 5 avril), page 507;

10° *Annuaire du Comité central des Houillères de France* (Note sur l'), par M. Ed. Gruner (Séance du 5 avril), page 507;

11° *Musée Social* (Note sur la création du), par M. Ed. Gruner (Séance du 5 avril), page 507;

12° *Accident de « La Gascogne »*, par M. J. Gaudry, et observations de MM. G. du Bousquet, Hart et Euverte (Séance du 5 avril), page 508;

13° *La turbine à vapeur de Laval*, par M. K. Sosnowski, et observations de MM. Hart et P.-G. Roger (Séance du 5 avril), page 510;

14° *Lettre de M. Comboul* (Séance du 19 avril), page 513 ;

15° *Transmissions électriques dans les ateliers*, par M. A. Hillairet (Séance du 19 avril), page 514;

16° *Congrès et Exposition d'hygiène à Paris* (Séance du 19 avril), page 514;

17° *Compte rendu de la réunion des Naval Architects* (Avis et), par M. J. Fleury (Séances des 5 et 19 avril), pages 504 et 514;

18° *Travaux hydrauliques employés en Asie Centrale* (Procédés nouveaux de), par M. Poklewski-Koziell (Séance du 19 avril), page 518;

19° *Le rôle de l'Ingénieur dans l'organisation des secours publics en France et à l'étranger*, par M. E. Cacheux (Séance du 19 avril), page 519;

Mémoires contenus dans le bulletin d'avril 1895 :

20° *Les grues électriques du port du Havre*, par M. E. Delachanal, page 520;

21° *Note sur l'accident du paquebot « La Gascogne »*, par M. J. Gaudry, page 570;

22° *Secours publics en France et à l'étranger*, par M. E. Cacheux, page 580;

23° *Le Musée social et les fondations de Chambrun*, par M. E. Gruner, page 594;

24° *Note sur quelques procédés nouveaux d'exécution de travaux hydrauliques employés en Asie Centrale*, par M. Poklewski-Koziell, page 600;

25° *Chronique* n° 184, par M. A. Mallet, page 622;

26° *Comptes rendus*, — page 631;

27° *Planches* n° 136 et 137.

Pendant le mois d'avril 1895, la Société a reçu :

35252 et 35253 — De l'Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. *Association des propriétaires d'appareils à vapeur du Nord de la France. V^e Bulletin. Année 1876-77. VIII^e Bulletin. Années 1879-80 et 1880-81.* Lille, L. Danel, 1877 et 1883.

35254 — De M. H. Haguet (M. de la S.). *Les paquebots français à grande vitesse. Étude sur les Services maritimes postaux de l'Atlantique et de l'Extrême-Orient* (in-12 de 36 p.). Paris, Journal des Transports, 1895.

35255 — De M. A. Pourcel (M. de la S.). *Segregation and its consequences in ingots of Steel and Iron* (in-8° de 13 p.), 1893.

35256 — Dito. *Sur l'inégale diffusion ou segrégation des éléments étrangers dans les lingots d'acier ou de fer fondu.* Rapport de M. A. Pourcel (in-4° de 8 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35257 — Dito. *Sur la terminologie technique.* Rapport de MM. Gandillot, F. Osmond et A. Pourcel (in-4° de 16 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35258 — Dito. *Sur les essais de pliage à froid.* Rapport de M. A. Pourcel (in-4° de 12 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35259 — De la Société des hauts fourneaux de Maubeuge. *Notices biographiques et Discours prononcés aux funérailles de Louis Jambille* (petit in-8° de 32 p.). Paris, Paul Dupont, 1895.

35260 — De M. Cabasson (M. de la S.). *Les tachéomètres auto-réducteurs*, par E. Prévot (in-8° de 29 p. avec 1 pl.). Paris, Société des Conducteurs des Ponts et Chaussées, 1895.

35261 — De M. J. Bergeron (M. de la S.), de la part de l'auteur, M. Ch. Hamel. *Notice sur M. Léonce Chagot* (in-8° de 28 p.). Paris, F. Pichon, 1894.

35262 — De M. Delachanal (M. de la S.). *Outillage maritime du port du Havre. Tarifs et règlements des engins de levage et accessoires* (in-8° de 16 p. avec 2 pl.). Havre, F. Fouilleul, 1895.

35263 — De M. Delaunay-Belleville (M. de la S.). *Travaux de la Chambre de Commerce de Paris pendant l'année 1894* (in-8° de 662 p. avec annexes). Paris, Imprimeries réunies, 1894.

35264 à 35266 — Du Ministère du Commerce. *Conseil supérieur du travail. Première session, février 1891. Deuxième session, juin-juillet 1892. Troisième et quatrième sessions, décembre 1893 et janvier 1894* (3 vol. petit in-4°). Paris, Imprimerie Nationale, 1891, 1892 et 1894.

35267 — De M. Th. Cooper. *New-York and New-Jersey Bridge C°. Hudson River Bridge. General Specifications for its Construction* (in-8° de 10 p. avec 2 pl.). New-York, 1895.

35268 à 35270 — De M. W. de Kislanski (M. de la S.). *Trois brochures sur les Chemins de fer* (en polonais et en russe). 1890 et 1891.

35271 — De M. Éd. Sauvage. *Sur la comparaison des résultats fournis par les différentes éprouvettes prélevées sur une même pièce métallique* (in-4° de 30 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35272 — Dito. *Sur la prise des éprouvettes d'essais* (in-4° de 3 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35273 — De The Inspector General of Customs. *List of the Chinese Lighthouses, Light-Vessels, Buoys and Beacons, for 1895.* Shanghaï, 1895.

35274 — De M. J.-P. Anney. *La Lumière électrique et les applications domestiques et industrielles de l'électricité* (in-16 de 90 p.). Paris, Paul Ollendorf, 1894.

35275 — De M. Ed. Wegmann. *The Design and Construction of Masonry Dams* (in-4° de 126 p. avec 69 pl.). New-York, 1893.

35276 et 35277 — De MM. Bernard et Cie, éditeurs. *Revue technique de l'Exposition universelle de Chicago en 1893, 9e partie. Les Chemins de fer à l'Exposition de Chicago, 2e volume : Voies, signaux, matériel roulant et tramways*, par M. Grille (grand in-8° de 188 p. avec atlas grand in-4° de 114 pl.). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35278 — De M. S. Périssé (M. de la S.). *Historique du Service des eaux depuis l'année 1854 jusqu'à l'année 1874*, par Belgrand (grand in-8° de 92 p.). Paris, Dunod, 1875.

35279 à 35281 — Dito. *Les travaux souterrains de Paris*, par Belgrand (3 volumes grand in-8°). Paris, Dunod, 1875 et 1877.

35282 — De M. Éd. Simon (M. de la S.), de la part de l'auteur, M. Fougeirol. *Question monétaire. Conférence faite les 6 et 13 février 1895 au Groupe agricole* (in-8° de 40 p.). Paris, Schiller, 1895.

35283 — De M. J. Courau (M. de la S.). *La locomotive en Turquie d'Asie* (in-8° de 116 p. avec 1 pl.). Bruxelles, 1895.

35284 à 35303 — *La Grande Encyclopédie. Inventaire raisonné des sciences, des lettres et des arts* (20 volumes in-4°, lettres A à J). Paris, H. Lamirault et Cie.

35304 — De The Society of Arts. *Journal of the Society of Arts. Index to vols XXXI-XL (1882-1892)* (grand in-8° de 93 p.). London, 1895.

35305 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Balistique des nouvelles poudres*, par E. Vallier (petit in-8° de 180 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35306 — Dito. *La théorie des procédés photographiques*, par A. de La Baume Pluvinel (petit in-8° de 226 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils. 1895.

35307 — Dito. *La distillation*, par E. Sorel (petit in-8° de 244 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35308 — De la Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria. *Anuario de la Mineria Metalúrgica y Electricidad de España*, por Don Roman Oriol, publicado por la Revista Minera Metalúrgica y de Ingenieria. Año segundo, 1895. Madrid, E. Teodoro, 1895.

35309 — De M. Bernard Tignol, éditeur. *Catéchisme d'électricité pratique*, par Ernest de Saint-Edme (in-16 de 127 p.). Paris, Bernard Tignol, 1895.

35310 — De M. J. de Coëne (M. de la S.). *VIe Congrès international de navigation tenu à la Haye* (grand in-8° de 27 p.). Rouen, Émile Deshays et Cie, 1895.

35311 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *The Animal as a prime Motor* (in-8° de 57 p.). Philadelphia, 1895.

35312 — De M. Camille Krantz, commissaire général du Gouvernement français à l'Exposition de Chicago. *Rapports sur l'Exposition*

internationale de Chicago en 1893, publiés sous la direction de M. Camille Krantz. Comité 36 : Génie civil, Travaux publics, Architecture (grand in-8° de 186 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35313 — De M. J. Gaudard. *Progrès des constructions maritimes* (in-8° de 88 p.). Lausanne, 1888.

35314 — De l'Institution of Civil Engineers. *Minutes of Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Vol. CXIX, 1894-1895, Part. I.* London, 1895.

35315 — De M. S. Czyzskowski (M. de la S.). *Rapport sur les gîtes de fer du Cerro del Conjuro* (in-4° de 50 p.). Paris, L. Courtier, 1895.

35316 et 35317 — De M. A.-J. da Costa Couto (M. de la S.). *Noticia sobre os portos de Leixões e barra do Dourro* (grand in-8° de 105 p. avec atlas in-folio de 8 pl.). Paris, A. Challamel.

35318 et 35319 — Dito. *Noticia sobre o porto de Lisboa* (grand in-8° de 64 p. avec atlas in-folio de 8 pl.). Paris, A. Challamel.

35320 et 35321 — Dito. *Noticia sobre o porto do Havre* (grand in-8° de 125 p. avec atlas in-folio de 8 pl.). Paris, A. Challamel.

35322 — De M. A. Cart. *Calcul des ponts métalliques par la méthode des lignes d'influence*, par A. Cart et L. Portes (grand in-8° de 291 p. avec 2 pl.). Paris, Baudry et C^ie^, 1895.

35323 — De M. G. Richard (M. de la S.). *Les moteurs à gaz et à pétrole en 1893 et 1894* (grand in-8° de 318 p. avec 486 fig.). Paris, V^ve^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35324 — De l'Office du Travail. *Salaires et durée du travail dans l'industrie française. Tome II* (grand in-8° de 760 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35325 — De M. Ed. Monet (M. de la S.). *Application de la photographie à la topographie. Nouvelles solutions d'altimétrie au moyen des règles hypsométriques* (grand in-8° de 66 p.). Paris, Société des Ingénieurs Civils de France, 1894.

35326 — Du Comité des Houillères, *Comité central des Houillères de France. Annuaire, 1895.* Paris, 1895.

35327 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Le fonctionnement de la machine à vapeur*, par G. Leloutre (petit in-8° de 233 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1895.

35328 — Dito. *Des marées*, par Ph. Hart (petit in-8° de 222 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, G. Masson, 1895.

35329 et 35330 — De M. J.-A.-L. Waddell (M. de la S.). *Halsted Street Lift Bridge, Chicago, Illinois* (2 feuilles 1/4 grand aigle).

35331 — De M. le Président du Musée social. *Le Musée social. Inauguration, 25 mars 1895* (in-4° de 64 p.). Paris, Calmann Lévy. 1895.

35332 — De l'American Academy of Arts and Sciences. *Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences. Vol. XXIX, from May 1893 to May 1894.* Boston, 1894.

35333 — De M. A. Mallet (M. de la S.). *Histoire descriptive de la machine à vapeur*, par R. Stuart (traduit de l'anglais) (in-16 de 382 p. avec 6 pl.). Paris, Malher et Cie, 1827.

35334 — De M. Juan Pie y Allué (M. de la S.). *Sobre los criaderos de hierro y de plomo del Levante do España* (in-12 de 81 p.). Madrid, 1892.

35335 et 35336 — Dito. *Memoria leido en la Junta general de accionisas de las Sociedades mineras « La Positiva et La Infalible » le 2 juin 1885 et le 20 mai 1886* (2 brochures petit in-8°). Madrid, 1885 et 1886.

35337 — Dito. *Tablas taquimetricas para la division sexagesimal y centesimal* (in-8° de 223 p.). Cartagena, 1891.

35338 — Dito. *El ferro-carril aero de Bédar a Garrucha y el Sindicato de Almagrera y el desaguë* (in-8° de 15 p.). Almeria, 1890.

35339 — Dito. *Escuela de Capataces de Minas y Maetros de Fundiciós de Almeria* (in-8° de 32 p.). Cartagena, 1890.

35340 et 35341 — Dito. *Comisión de Estudio del desagüe de sierra Almegrera* (grand in-8° de 128 p. avec 8 pl.). Madrid, 1891.

35342 — De la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale. *Annuaire de la Société d'Encouragement pour l'année 1895.* Paris, Chamerot et Renouard, 1895.

35343 — De la Society for the Promotion of Engineering Education. *Proceedings of the Society for the Promotion of Engineering Education.* Brooklyn Meeting, 1894, vol. II, Columbia, 1895.

35344 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *The Animals a Machine and prime Mover* (grand in-8° de 7 p.).

35345 — De MM. Bernard et Cie, éditeurs. *Carnet du conducteur de travaux pour l'établissement et l'entretien des chemins de fer*, par V. Vinot (in-12 de 254 p.). Paris, E. Bernard et Cie, 1895.

35346 — De M. E. Badois (M. de la S.). *De la construction des moteurs à pétrole exposés au Palais de l'Industrie en février 1895* (in-8° de 8 p.). Paris, Société des Agriculteurs de France, 1895.

35347 — De M. F. Alcan, éditeur. *Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume au point de vue géologique*, par A. Jaccard (in-8° de 292 pages avec 30 figures dans le texte). Paris, Félix Alcan, 1895.

35348 — De M. J. Fleury (M. de la S.). *Institution of Naval Architects. Introductory Address by the President* (the right Hon. Lord Brassey K. C. B.) delivered at the Annual General Meeting of the thirty sixth. Session 1895 (in-4° de 5 p.).

35349 — De M. Émile Cacheux (M. de la S.). *Société française des Amis des arbres. Bulletin trimestriel, nos 1 à 9. Années 1893 à 1895.* Nice, Barral frères.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois d'avril 1895. sont :

Comme Membres sociétaires, MM. :

M. Appert,	présenté par	MM. Gottschalk, P. Buquet, L. Appert.
G. Bernheim,	—	Ed. Lippmann, Eug. Lippmann, J. Dubois.
M. Bouchet,	—	Rey, V. Langlois, A. Joubert.
E.-J.-E. Carrot,	—	Massicard, A. Moreau, Legat.
H. de Grièges,	—	Charton, du Bousquet, Gottschalk.
A.-M.-F. Guignard,	—	Jannettaz, Brison, Ruchonnet.
A. de Kowanko,	—	L. Appert, Chalon, Zbyszewski.
P. Mercier,	—	Marillier, Boutain, Mennons.
J. Poklewski-Koziell,	—	L. Appert, de Dax, Zbyszewski.
W.-C. Ralston,	—	L. Appert, de Dax, Rey.
L.-A. Raynaud,	—	Jannettaz, Brison, Ruchonnet.
M.-P. Rousseaux,	—	de Monicourt, Couderc, Verrier.
K. Sosnowski,	—	L. Appert, de Dax, Postel-Vinay.
M.-L.-V.-E. Vaïsse,	—	Anceau, Pommier, Delaporte.
V.-A. Vée,	—	L. Appert, Morandiere, R. Dubois.

Comme Membre associé, M. :

M. Satre, présenté par MM. Le Sauvage, Courtois, de Bovet.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS D'AVRIL 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 5 AVRIL 1895.

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. E. Lambert, ancien élève de l'Ecole Centrale (1861) et membre de la Société depuis 1884. M. Lambert, qui s'était surtout occupé des questions de gaz et d'eau, était en dernier lieu et depuis de longues années directeur des eaux de Meaux, Condom et Laval.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. H. Chevalier a été nommé Officier de l'Instruction publique de Perse.

M. L. Monteil a reçu l'ordre de Sainte-Anne de Russie, 3e classe.

M. LE PRÉSIDENT dit qu'en juin 1895 il va s'ouvrir à Paris une *Exposition internationale d'hygiène* sous les auspices de la Ville de Paris et du Conseil municipal. Placée sous le patronage d'un Conseil de direction et de Comités d'organisation et d'admission composés des plus hautes personnalités de France s'occupant d'hygiène, cette Exposition a pour but de vulgariser tout ce qui a rapport à l'assainissement des villes et aux questions si multiples se rattachant au génie sanitaire.

Un grand nombre de nos Collègues font partie des Comités d'organisation et de réception sous la présidence de M. le docteur Brouardel. Les renseignements relatifs à cette Exposition sont déposés au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT annonce que M. J. Fleury s'est rendu à Londres pour assister à la réunion des *Naval Architects* où il a bien voulu représenter la Société.

M. le Président a été informé du gracieux accueil fait à M. Fleury, qui a prononcé un discours en anglais fort applaudi.

M. le Président, parmi les ouvrages reçus, signale :

Le discours prononcé, aux obsèques de notre regretté Collègue A.-A. Olivier, par M. Durupt.

La collection complète des *Bulletins* de notre Société, de 1848 à ce jour, offerte par M. F. Pottier.

Un ouvrage fort important, *sur le calcul des ponts métalliques par la méthode des lignes d'influence*, offert par MM. Cart et Portes; cet ouvrage sera certainement consulté avec fruit par tous ceux qui s'occupent de la construction des ponts et charpentes.

Les moteurs à pétrole et à gaz en 1893 et 1894, de notre Collègue M. G. Richard.

Trois *Etudes sur les ports du Havre, de Lisbonne et de Leixões*, par M. da Costa Couto. M. J. Fleury a bien voulu en faire l'analyse suivante dont il est donné lecture en son absence :

Notre Collègue, M. Antonio da Costa Couto, fait hommage à la Société des monographies des ports du Havre, de Lisbonne et de Leixões, accompagnées chacune d'un album de planches.

Notre Collègue est chef de section au Ministère des Travaux publics brésilien ; il a été chargé par son Gouvernement de venir étudier les ports d'Europe, au double point de vue technique et commercial. Les ouvrages qu'il nous offre aujourd'hui sont le premier résultat de ses études.

Il m'a paru qu'ils méritaient d'être particulièrement signalés à l'attention de la Société. Ils sont, il est vrai, écrits en portugais, et la chose est naturelle, étant surtout destinés aux pays d'origine lusitanienne. Mais la grande clarté de la rédaction, la judicieuse division des paragraphes en permet — j'oserais dire — en sollicite la lecture, pour peu qu'on ait quelque notion ou quelque usage des langues dérivées du latin plus immédiatement encore que la nôtre. En outre, des planches, des albums, de nombreux croquis intercalés dans le texte et des photogravures facilitent encore l'intelligence du texte.

Le plan suivi est d'ailleurs le même dans les trois monographies. Après une description détaillée du port et des procédés employés à la construction des principaux ouvrages, l'auteur place une série de documents statistiques sur le mouvement commercial et maritime, et enfin un relevé des documents officiels relatifs aux taxes et aux droits perçus, ainsi qu'à la police et aux usages du port. Enfin, il y a encore inséré les textes des contrats d'entreprise et des séries de prix qui peuvent être fort utiles à consulter.

La monographie du port de Leixões contient une description très exacte et très complète du *Titan* construit par la Compagnie de Fives-Lille pour l'exécution des deux grandes jetées, et qui peut mettre en place des blocs de 20 m^3 à une distance de 20 m de son axe de rotation, et ceux d'un poids moindre jusqu'à 40 m.

A propos du port de Lisbonne, l'auteur retrace les phases successives de l'élaboration des projets d'amélioration de ce grand port, et les heureuses corrections qu'y a apportées notre ancien Président, M. H. Hersent, lorsqu'il s'est chargé de cette grande entreprise que ses habiles mains

eussent déjà conduite à bien, n'étaient les incidents financiers du Portugal.

Enfin, le volume relatif au Havre présente cette particularité qu'il est peut-être la réunion la plus complète qui existe actuellement de tous les règlements relatifs à notre grand port. M. da Costa les y a insérés, tels qu'ils lui ont été fournis, c'est-à-dire en langue française, et, comme tel, son volume sera certainement utile ailleurs qu'au Brésil.

En somme, il y a là plus que des journaux de voyage, il y a une collection de documents fort utiles à consulter pour tous ceux qui, soit au point de vue économique, soit au point de vue technique, pensent avoir à étudier l'opportunité de la création d'un port de mer.

Mais ce n'est qu'un commencement : beaucoup d'autres ports doivent, en Europe, attirer l'attention de M. da Costa. Lorsqu'il aura fait pour eux ce qu'il a fait pour ceux qui font l'objet de sa présentation d'aujourd'hui, il aura documenté le Gouvernement brésilien, comme le sont bien peu de gouvernements. C'est d'une grande importance pour ce vaste pays, à peine exploité aujourd'hui, et que la nature convie à s'ouvrir d'abord des débouchés vers la mer, avant que d'entreprendre l'œuvre, aujourd'hui prématurée, de voies de communication, suivant sensiblement la même direction générale que les côtes maritimes.

Il est donné lecture de la lettre suivante que nous a adressée notre Collègue M. D. Federman, membre correspondant de notre Société à Turin.

« Turin, le 27 mars 1895.

» MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» J'ai l'honneur de vous informer que je viens d'être nommé Membre de la Commission technique de l'Exposition Internationale des Voitures automobiles, qui s'ouvrira *le 4 mai prochain à Turin*.

» Cette Exposition dans l'ancienne capitale du Piémont, la contrée la plus riche de l'Italie, aura un grand intérêt pour l'industrie française, qui a, pour ainsi dire, acquis le monopole de cette fabrication. En effet, les véhicules automobiles, encore inconnus dans ce pays, y trouveront un accueil enthousiaste et l'on peut prédire aux constructeurs un immense succès.

» S'il vous plaisait, Monsieur le Président, de faire appel aux Membres de notre Société, qui s'occupent de cette branche industrielle, je vous en serais vivement reconnaissant. Je me tiens à leur disposition pour tous les renseignements qui pourraient les intéresser.

» Convaincu que votre parole autorisée saura convaincre nos Collègues, je vous prie d'agréer, etc.

» D. FEDERMAN. »

M. LE PRÉSIDENT dit que M. L. Francq nous a adressé, au sujet de la communication de M. E. de Marchena sur la Traction mécanique des Tramways et de la discussion qui a suivi, une lettre d'où il résulte que : « contrairement à une opinion exprimée par M. de Marchena et M. P. Regnard, on peut constituer des voitures automobiles, sans foyer ou à eau chaude et sans échappement de vapeur, ce qui permet à ce système de circuler dans les villes ».

La Chambre syndicale des Mécaniciens, Chaudronniers et Fondeurs nous a envoyé un exemplaire de la loi sur *Les accidents et l'assurance obligatoire*, afin que chacun puisse étudier la question et présenter ses observations.

M. le Président donne ensuite la parole à M. J. Charton qui présente l'ouvrage de notre Collègue M. Ch. Grille sur les *Tramways à l'Exposition de Chicago*. M. Grille a réuni des documents très complets et très intéressants sur les conditions d'installation des tramways américains, et M. Charton signale tout particulièrement cet important ouvrage à tous ceux qui s'occupent en France de tramways.

M. le Président remercie M. Charton d'avoir bien voulu présenter l'intéressant travail de M. Grille.

M. le Président donne la parole à M. E. Gruner pour présenter à la Société l'*Annuaire du Comité central des Houillères de France*.

Cet *Annuaire* est, dit M. Gruner, une publication nouvelle; il présente quelque intérêt surtout par sa seconde partie qui groupe des documents qu'on avait jusqu'alors de sérieuses difficultés à retrouver dans les divers ouvrages souvent très anciens où ils étaient dispersés.

Après avoir donné, d'après des documents recueillis auprès de chaque exploitant, des indications précises, administratives, techniques et financières sur chacune des Compagnies houillères affiliées au Comité, l'éditeur de l'Annuaire s'est proposé de fournir en un manuel facile à consulter les textes des lois et décrets principaux relatifs aux mines, et au personnel ouvrier (1). Mais ce qui est plus difficile encore à retrouver, ce sont les décrets et règlements d'administration publique, les circulaires et instructions publiées successivement à propos de telle ou telle loi. Un répertoire analytique et méthodique de ces documents avec renvoi aux Annales des mines, permet d'un coup d'œil de se rendre compte des conditions d'application de telle ou telle loi et de retrouver rapidement ces pièces dans la collection des Annales que possèdent la plupart des exploitants.

La réimpression, en une série méthodique, de tous ces documents serait sans doute utile, et rentre dans les projets d'avenir du Comité des Houillères. Mais tel qu'il est, avec ses répertoires par Compagnies, par natures de combustibles, par régions minières, par noms de personnes, cet annuaire pourra sans doute rendre déjà des services.

M. le Président remercie M. Gruner pour sa communication et le félicite d'avoir, par ce travail, comblé une lacune que ressentaient vivement tous ceux qui s'occupent de mines et d'industrie.

M. le Président donne la parole à M. E. Gruner pour une communication sur la *création du Musée Social* et l'inauguration qui en a été faite le 25 mars par M. le Ministre du Commerce.

M. Gruner rappelle rapidement toutes les preuves manifestes que le comte de Chambrun a données depuis de longues années de son intérêt pour les questions sociales; il cite la création des chaires d'Économie sociale

(1) Lois des mines, lois sur les délégués mineurs, sur le travail des femmes et des enfants, sur la conciliation et l'arbitrage, sur l'hygiène et la sécurité du travail, sur les caisses de secours et de retraites, etc.

à la Sorbonne et à l'Ecole des Sciences politiques qu'il a dotées pour vingt ans, et le quadruple don de 50 000 *f* fait par lui à quatre Associations dont les efforts lui ont paru particulièrement intéressants (Société d'Économie sociale, Société française des habitations à bon marché, Société pour l'étude de la participation aux bénéfices, Centre fédératif du Crédit populaire).

Il s'arrête spécialement à une dernière création, le *Musée Social*, que le comte a installé à ses frais dans un immeuble de la rue Las Cases et qu'il a doté d'un premier capital de 200 000 *f*, puis d'un second capital d'environ 1 500 000 *f*. Il montre l'intérêt du comte pour les questions ouvrières, s'affirmant d'abord par la création dans les cristalleries de Baccarat de conseils d'usine; puis s'étendant, par l'étude de l'Exposition d'Économie sociale de 1889, aux sujets les plus divers.

Sur toutes les questions posées lors de cette Exposition, le musée groupera des documents; sur toutes, son comité directeur, ses sections d'études, son personnel spécial, chercheront à répandre la lumière.

Analysant les statuts du musée et le discours-programme de son Président le jour de l'inauguration, M. Gruner donne une esquisse rapide de ce que deviendra le musée et des services nombreux qu'il pourra rendre tout en se maintenant strictement en dehors de toutes questions de partis, de sectes et d'écoles.

Il cite en finissant quelques passages des discours prononcés au banquet d'inauguration par MM. Jules Simon et Armand Peugeot et remercie le comte de Chambrun, au nom des Ingénieurs Civils, pour le grand exemple de généreuse et intelligente bienveillance que lui, descendant d'une des anciennes familles de la noblesse française, témoigne à ceux qui contribuent modestement par leur labeur journalier à la grandeur de la patrie française.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Gruner de sa communication qui présente le plus vif intérêt.

M. le Président associe au nom de M. de Chambrun, ceux de MM. Siegfried, Charles Robert et Cheysson, qui se sont particulièrement adonnés à l'étude de toutes les questions sociales, et il félicite M. Gruner qui a contribué également à mener à bien l'organisation de ce musée.

M. J. GAUDRY a la parole pour faire sa communication sur l'*Accident de « la Gascogne »*.

Le paquebot étant arrivé à sa période normale de remise à neuf, venait, en particulier, d'avoir sa primitive machine Woolf à trois groupes transformée en *quadruple expansion*, la même vapeur travaillant successivement en tous les cylindres et la machine constituant un tout solidaire : comme c'est le cas général des nouvelles machines à triple et et quadruple expansion.

Après des essais et un premier voyage satisfaisants, une nouvelle traversée du Havre à New-York s'opérait en très bonnes conditions à la vitesse de 17,60 nœuds par 7 000 *ch* de puissance motrice, quand, au matin du troisième jour, l'accident s'est produit, sans qu'on ait pu en déterminer la cause.

Cet accident est dû à la rupture d'un des trois grands istons, rupture

qui a nécessairement entraîné des modifications dans la machine à quadruple expansion afin d'utiliser les cylindres avant et arrière pour la propulsion du navire. Mais, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, la suppression des cylindres du milieu a eu pour conséquence d'exiger un changement notable dans la distribution de la vapeur, changement qui avait pour effet de faire travailler très inégalement les deux groupes intacts. Il en est résulté au bout de peu de temps un chauffage considérable de la bielle arrière dont il a fallu changer les coussinets, et de plus l'arbre, inégalement actionné, se mit à chauffer et à gripper dans ses tourillons; ces accidents de chauffage, relativement peu graves, nécessitèrent un stoppage de quarante heures en raison même de l'épouvantable tempête de six jours qui a rendu très pénible et dangereux les travaux des mécaniciens. Ils ont pu être faits dans *la Gascogne*, qui a un personnel d'élite ayant fait courageusement plus que son devoir, en une chambre de machine sans doute bien étudiée, puisqu'il résulte de la communication récente de M. Hart qu'on peut changer à bord de nos transatlantiques même les foyers des chaudières. Mais comme de pareils travaux sont toujours à prévoir en mer, il faut regretter que trop de navires aient des chambres de machines et chaufferie si étroites, incommodes, encombrées et à température intolérable, où le personnel éprouve des souffrances qui l'empêchent de donner à la machinerie les soins voulus; ce qui explique sans doute l'épidémie d'accidents en toutes les marines, depuis l'emploi des nouveaux systèmes de machines.

M. Gaudry termine en disant que pour les paquebots du genre de *la Gascogne*, la mâture est plus qu'inutile et la solution qui s'impose est le partage de la force propulsive et motrice entre plusieurs appareils distincts et indépendants.

M. G. du Bousquet fait observer qu'il eût été plus logique d'agencer la tuyauterie, de manière à pouvoir obtenir, en cas d'avarie, l'indépendance des machines. On aurait pu alors remplacer le système à quadruple expansion par deux machines compound indépendantes. Cette solution entrainerait évidemment une complication dans la tuyauterie, mais il semble à première vue qu'elle ne soit pas irréalisable.

M. Hart dit que la remarque faite par M. du Bousquet l'avait également beaucoup frappé et l'avait décidé à aller à la Compagnie Transatlantique où M. Grellou, second de M. Daymard, Ingénieur en chef, lui a fait observer qu'il était difficile d'avoir en cale des tuyaux de rechange qui seraient sûrement hors de service quand on voudrait les employer, étant donné que les avaries du genre de celle de *la Gascogne* sont extrêmement rares (une avarie sur trois cent cinquante voyages). Un seul paquebot de la Compagnie, *le Saint-Laurent*, a une tuyauterie réversible permettant d'isoler un groupe de cylindres.

M. Hart, tout en reconnaissant la presque impossibilité d'avoir, dans l'état actuel, des tuyaux de rechange, pense que, lors de la construction des machines, il eût été possible de disposer la tuyauterie de manière à permettre l'isolement des cylindres avariés, sans s'encombrer de tuyaux de rechange volumineux, et en évitant les différences d'efforts signalées par M. Gaudry.

M. Euverte insiste sur ce point que l'origine de l'accident est la rupture d'un piston en fonte de $2m$ de diamètre. Or, on fait couramment, à l'heure actuelle, des pistons en acier de cette dimension et il est incontestable qu'un piston en acier eût résisté.

M. Gaudry répond qu'à l'époque où fut mis en chantier le lot de paquebots dont *la Gascogne* fait partie, l'acier était encore très discuté. La commande des paquebots fut partagée entre deux constructeurs, qui eurent liberté des matériaux et furent seulement astreints aux mêmes plans, sauf des variantes de détails. Un des constructeurs entra résolument dans l'application de l'acier. L'autre crut plus prudent de s'en tenir encore à l'emploi du fer. Aujourd'hui, les uns et les autres paquebots ont subi également l'épreuve de neuf années de service, et on peut dire qu'il n'y a pas de différence entre eux, bien que cependant les paquebots d'acier aient un peu moins de tirant d'eau. Quant aux pistons en fonte de *la Gascogne* ayant jusqu'ici fait bon service, on ne s'est pas occupé de les remplacer par des pistons en acier.

M. Gaudry ajoute le fait suivant qui est certainement à l'honneur de l'acier. Il y a quelques années, deux paquebots ont été en collision dans des circonstances comparables : l'un, en tôle d'acier doux, n'a eu que de simples crevasses exactement localisées aux points de choc de l'abordeur. On a pu les réparer par des bandes de peu de surface. Le paquebot en tôle de fer a reçu de l'abordeur une trouée d'un mètre carré; mais tout autour, s'est produit un curieux *étoilage* ou rayonnement de cassures qui a nécessité un remplacement de tôle d'environ 10 m^2. Le navire sortait d'un chantier très réputé.

M. le Président remercie M. Gaudry de son intéressante communication, qui sera insérée au Bulletin.

M. Sosnowski a la parole pour sa communication sur *la turbine à vapeur de Laval*.

M. K. Sosnowski dit que parmi les nombreuses causes du faible rendement des machines à vapeur ordinaires, on doit citer en premier lieu les pertes dues à la détente forcément incomplète et à l'action des parois. Ces causes ont été très heureusement circonscrites dans la turbine à vapeur de Laval, dans laquelle on n'utilise plus la *pression* de la vapeur, mais sa *force vive seule*. En effet, la vapeur se détend dans le trajet de la valve d'introduction à l'orifice du tube distributeur, en prenant la vitesse déterminée par les pressions des deux milieux où l'on opère (chaudière et condenseur, ou chaudière et atmosphère). Ainsi détendue, elle arrive sur les arbres de la roue motrice en lui communiquant son énergie cinétique.

La turbine de Laval est analogue à une turbine hydraulique à introduction partielle et à libre déviation. *Elle est caractérisée par l'absence d'une surpression entre le distributeur et le récepteur* et en cela elle diffère entièrement de tous les appareils similaires, comme turbines Parsons, Dow, Edwards, Mac Elroy, dans lesquelles la détente s'opérait progressivement dans l'appareil même, après y avoir été introduite en pleine pression.

L'appareil en question se compose d'une roue à aubes sur laquelle la vapeur complètement détendue est amenée par un ou plusieurs ajutages distributeurs. Le corps de la turbine est monté sur un axe en acier qui repose sur deux coussinets à ses extrémités. Sur l'arbre de la turbine est placé le pignon en acier à double denture hélicoïdale, engrenant avec une roue dentée qui réduit la vitesse de la turbine dans le rapport voulu. Sur l'arbre de la roue dentée se trouve le régulateur à force centrifuge dont la sensibilité est remarquable.

Le *rendement* maximum de cet appareil est obtenu, comme dans les turbines hydrauliques analogues, lorsque la vitesse périphérique de la turbine w est liée à la vitesse v de la vapeur et à l'angle d'inclinaison des aubes distributrices α par la relation :

$$w = \frac{v}{2 \cos \alpha}.$$

La vapeur s'écoulant dans l'air sous pression par un orifice de petite section, prend des vitesses considérables qui augmentent encore, si le milieu, où s'écoule le fluide, a une pression moindre que l'atmosphère. Les vitesses périphériques doivent être par conséquent très élevées (300 à 400 *m* par seconde), ainsi que le nombre de tours de la turbine (15 000 à 30 000 tours par minute).

Avec ces vitesses considérables, le moindre défaut de centrage de la roue réceptrice pouvait causer de très graves inconvénients. Cette difficulté a été tournée d'une façon très ingénieuse par l'utilisation des propriétés gyrostatiques des corps et l'emploi d'un arbre *flexible*.

La *consommation* de ces machines est actuellement égale à celle des meilleures machines à vapeur ; elle diminuera encore le jour où l'on réalisera les générateurs à pressions plus élevées.

Les applications de la turbine en question sont celles de toutes les machines à vapeur. En outre elle se prête d'une façon toute particulière à la commande directe d'appareils à grande vitesse, tels que dynamos, pompes, centrifuges, ventilateurs, essoreuses, etc. Elle pourra rendre de grands services dans la traction, la navigation, l'aérostation, etc.

Les avantages : 1° Il y a un jeu de quelques millimètres entre la roue réceptrice et la chambre dans laquelle elle se meut. Il n'y a donc pas d'usure possible et la consommation reste constante.

2° La vapeur à haute pression et par suite à température élevée, ne se trouvant jamais en contact avec la roue motrice, les alternatives de haute et basse température n'existent pas, l'action des parois se trouve complètement supprimée.

3° La vapeur arrivant sur la roue réceptrice par une série de distributeurs dont le nombre varie suivant la puissance de la machine, et dont l'admission peut être réglée par les obturateurs manœuvrables de l'extérieur, on peut réduire la consommation presque proportionnellement au travail demandé à la machine.

4° Le seul mouvement des pièces étant un mouvement circulaire continu, il n'y a pas de trépidations ni vibrations.

5° La machine est extrêmement simple, de dimensions très restreintes et d'un poids très faible.

M. Hart demande si M. Sosnowski pourrait donner quelques chiffres exacts de consommation de vapeur.

M. Sosnowski répond tout d'abord que ces chiffres dépendent des pressions d'admission et de la marche avec ou sans condensation. Il dit que les essais faits à Stockholm sur une machine de 50 *ch* ont fait ressortir une consommation de 9 *kg* de vapeur par cheval effectif et par heure. Ce chiffre a d'ailleurs été maintes fois confirmé dans les essais des turbines construites par la maison Breguet.

M. P.-G. Roger pense que la consommation de 9 *kg* de vapeur par cheval et par heure doit être plus élevée pour des moteurs de faible puissance.

M. Sosnowski répond qu'en effet les petites machines consomment 20 *kg* de vapeur à la marche à échappement libre, mais que, par contre, pour une machine de 300 *ch* la consommation n'excédera pas 7 *kg* avec condensation bien entendu.

M. le Président demande si la maison Bréguet garantit les consommations des moteurs livrés.

Après la réponse affirmative de M. Sosnowski, M. Arnoux fait quelques remarques fort intéressantes au sujet de l'équilibre dynamique du plateau qui porte les aubes réceptrices.

M. le Président remercie vivement M. Sosnowski de sa communication si intéressante de laquelle il ressort nettement que la turbine de Laval est appelée à de nombreuses applications, surtout lorsqu'il s'agira d'actionner des machines à grandes vitesses, telles que des dynamos.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. G. Bernheim, M. Bouchet, de Grièges, A. de Kowanko, P. Mercier, J. Poklewski-Koziell, W. Ralston, et K. Sosnowski comme membres sociétaires.

MM. M. Appert, E.-I.-E. Carrot, A.-M.-F. Guignard, L. Hannoyer, L.-A. Raynaud, M.-P. Rousseaux, V. Vée, sont reçus comme membres sociétaires et,

M. M. Satre comme membre associé.

La séance est levée à 11 heures.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 19 AVRIL 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT présente M. Bertin, Directeur de l'École d'application du Génie maritime, et M. Holmes, Secrétaire des *Naval Architects* de Londres. Sur l'invitation de M. le Président, ces Messieurs prennent place au bureau.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Hippolyte-Amédée Buquet, ancien élève de l'École d'Angers (1846) et membre de la Société depuis 1872.

M. H.-A. Buquet a été membre du Comité de la Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers, codirecteur-gérant de la *Revue Industrielle*, Ingénieur des études de plusieurs lignes de chemin de fer d'intérêt local en Italie, Ingénieur-directeur des Mines et Usines de Traverselle (Piémont), puis attaché comme Ingénieur à la Compagnie du Canal de Suez pendant toute la période de construction. En dernier lieu, il était expert près le Tribunal civil de Pontoise et délégué cantonal.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que M. Abt a été nommé officier du Saint-Sauveur (Grèce).

M. Labour a été nommé membre du Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale :

Diverses brochures de M. Pié y Allué.

Le *Carnet du Conducteur de travaux de chemin de fer*, donné par M. Bernard, éditeur;

Le Pétrole, l'Asphalte et le Bitume au point de vue géologique, donné par M. Alcan, éditeur;

Enfin, de la Société industrielle de l'Est : *De l'enquête sur les conséquences de la loi du 12 juin 1893 et du règlement du 10 mars 1894 sur l'hygiène et la sécurité des travailleurs.*

Nous avons reçu de notre Collègue M. Comboul, directeur de la Société Suisse des Mines d'or de Gondo (Valais), une lettre invitant les membres de la Société à visiter ces mines et ainsi conçue :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

» Nous venons de créer à Gondo des usines très importantes et très complètes pour l'abatage et le traitement de nos filons avec pilons, concentrateurs, perforatrices, et transport de force par l'électricité.

» Je vous serais reconnaissant de faire savoir à nos Collègues que nous serions très heureux de les recevoir à Gondo, si leurs excursions des vacances les amenaient par là. Gondo est sur la route du Simplon, à vingt kilomètres à peine de Domo d'Ossola; du village de Gondo à la mine, il y a à peine deux kilomètres, et par une belle route carrossable que nous venons de construire.

» Je vous remercie d'avance, et vous prie d'agréer, Monsieur, etc.

» *Signé :* COMBOUL. »

M. LE PRÉSIDENT a reçu de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale un certain nombre de cartes d'invitation pour assister à la conférence de M. Hillairet *sur les transmissions électriques dans les ateliers.*

Cette conférence aura lieu le 26 avril prochain, à la Société d'Encouragement, 44, rue de Rennes, et des cartes ont été déposées au Secrétariat de la Société à la disposition de ceux de nos Collègues qui désireraient y assister.

M. LE PRÉSIDENT informe les membres de la Société qu'il a reçu du Ministère du Commerce, de l'Industrie et des Postes et Télégraphes, avis qu'un concours pour l'admissibilité au professorat du dessin dans les Écoles nationales d'Arts et Métiers aurait lieu à Paris le 1er juillet prochain.

Ceux de nos Collègues qui désireraient concourir trouveront au Secrétariat le programme détaillé des connaissances exigées.

M. LE PRÉSIDENT fait connaître qu'un Congrès d'hygiène aura lieu pendant l'Exposition d'hygiène qui se tiendra au Palais des Arts Libéraux de juin à octobre.

Ce congrès est organisé sous les auspices de la Société des Ingénieurs et Architectes sanitaires de France tout récemment fondée.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. J. Fleury pour faire le compte rendu de la réunion des *Naval Architects*, à Londres.

M. FLEURY expose que notre Président, retenu à Paris par des obligations impérieuses, a bien voulu lui confier l'honneur, difficile à bien soutenir, de le remplacer, et d'aller au nom de notre Société inviter l'*Institution of Naval Architects* de Londres à venir cet été à Paris.

Nous savions, en effet, que cette Société avait le désir de tenir une de ses sessions à Paris. Ce désir a été recueilli par M. Bertin, l'éminent directeur de l'École du Génie Maritime. Il s'est fait, avec beaucoup de zèle, le porte-paroles de l'*Association technique maritime* pour engager diverses Sociétés scientifiques et techniques de Paris, et la nôtre tout spécialement, à s'unir pour donner aux *Naval Architects* l'assurance qu'ils trouveraient chez nous un accueil inspiré des sentiments d'une cordiale confraternité et du désir de leur rendre leur séjour à Paris profitable, et — plus encore — agréable.

C'est dans ce but que la *Société d'Encouragement*, l'*Association technique maritime*, l'*Union des Yachts* et le *Yacht Club*, toutes intéressés au projet par M. Bertin, se sont unies à notre Société; il a été décidé que quelqu'un porterait à Londres l'assurance d'une cordiale réception, et répondrait

en même temps à la gracieuse invitation qui nous avait été adressée d'assister au banquet annuel des *Naval Architects*.

Grâce à la bienveillante désignation de notre Président, j'ai été ce quelqu'un, et vous me permettrez de l'en remercier encore une fois. J'avais espéré être accompagné de notre distingué Collègue M. *Normand*, qui fait partie de l'Institution des *Naval Architects* et y tient une place considérable. Il a été empêché au dernier moment.

Ceux d'entre vous qui ont été en Angleterre et qui connaissent les Ingénieurs anglais ne seront pas surpris quand je dirai que l'accueil qui m'a été fait a été tout à fait charmant, gracieux et empressé.

Il serait trop long de vous citer les noms de tous ceux à qui je suis redevable des très agréables moments que je viens de passer à Londres. Les hommes distingués et considérables qui sont à la tête ou parmi les membres de l'*Institution of Naval Architects* m'ont comblé d'attentions, extrêmement flatteuses pour moi, mais qui s'adressaient surtout, je suis heureux de le constater, à notre Société et, je puis bien le dire, à notre pays.

Le président actuel de l'Institution est The Right Hon. lord Brassey, K. C. B., chevalier compagnon de l'ordre du Bain. C'est un des grands voyageurs des temps modernes. Il s'honore d'être le fils d'un grand entrepreneur qui, le premier, a inauguré et mis en pratique les grandes méthodes de terrassements et de constructions d'ouvrages d'art qu'il a fallu employer quand a commencé l'ère des chemins de fer. Il a participé dans une large mesure à la construction de notre premier réseau, tant sur les lignes de l'Ouest que sur celles de l'Orléans.

A côté de lord Brassey, je suis obligé, au risque d'offenser sa modestie, et je suis heureux de vous signaler un des hommes les plus agréables qu'il m'ait été donné de rencontrer dans tous mes voyages. C'est M. *George Holmes*, qui est ici ce soir parmi nous. M. G. Holmes est le Secrétaire de l'*Institution of Naval Architects*. A vrai dire, il en est l'âme et le mouvement. Il sait recevoir ses Collègues étrangers avec une grâce tout à fait séduisante, que, pour ma part, je n'oublierai jamais. *(Applaudissements.)*

Dans l'*adresse* qu'il a prononcée en ouvrant la session des *Naval Architects*, lord Brassey a parlé de l'invitation dont j'étais le messager. Il a signalé l'intérêt et l'agrément que les Ingénieurs anglais trouveront à assister à la session de Paris. Il a rendu hommage à la science de nos Ingénieurs et fait ressortir tout ce que les Ingénieurs anglais leur devaient d'enseignements et de modèles (1). J'ai retrouvé les mêmes témoignages en maintes autres circonstances, et notamment au cours du banquet où j'étais invité, en qualité de représentant de la Société des Ingénieurs Civils de France.

J'ai été dans ce banquet l'objet de beaucoup de prévenances. Dans les conversations au cours du dîner, et dans les toasts qui l'ont, suivant l'usage, terminé, j'ai entendu beaucoup de paroles flatteuses qui s'adres-

(1) « Je suis sûr, a dit lord Brassey, que nos armateurs et nos constructeurs n'hésitent pas à reconnaître tout ce qu'ils doivent à la science et à l'habileté des Ingénieurs français. Nous avons été heureux de leur emprunter leurs modèles. Et encore aujourd'hui, dans les grands progrès de l'architecture navale, dans les perfectionnements des chaudières et des machines, la part des Ingénieurs français est extrêmement considérable. »

saient à la Société des Ingénieurs Civils, et à la France. Je garde tout particulièrement un profond et agréable souvenir de la conversation du vénérable amiral The Rt. Hon. Sir John Dalrymple Hay, un vétéran de la guerre de 1855, dont j'avais l'honneur d'être le voisin, et des toasts si sympathiques de lord Brassey et du Rt. Hon. comte de Ravensworth.

Dois-je avouer que j'ai, pour y répondre convenablement, éprouvé quelque embarras? Je ne suis pas, en effet, fort habile à exprimer, dans une langue étrangère, tous les sentiments qui remplissent mon cœur quand j'entends, sur une autre terre, dire du bien de ma profession et de mon pays. J'ai fait pour le mieux. On a bien voulu être indulgent pour quelques solécismes. J'ai exprimé ce que chacun de vous aurait éprouvé s'il avait été à ma place et aurait voulu, sans doute, dire, ce que, beaucoup mieux que moi, aurait certainement dit notre Président.

Cette *Institution of Naval Architects* a, en Angleterre, une très grande importance. Il n'est pas besoin de rappeler que l'industrie maritime est une des plus grandes de l'Angleterre et du monde entier. L'*Institution of Naval Architects* a été fondée en 1860 pour réunir et rapprocher tous ceux, armateurs, Ingénieurs, constructeurs, marins, qui s'intéressent aux progrès de cette grande et scientifique industrie. Son fondateur a été *Scott Russel*, dont le nom est justement célèbre. Il était de cette race d'Ingénieurs qui, comme notre Flachat, ne se spécialisent pas dans une seule catégorie de travaux : après avoir construit le Great Eastern, ce géant de la mer, qui dut périr parce qu'il ne trouvait pas de port à sa taille. Il a été l'architecte de la coupole de l'Exposition de Vienne en 1873, et (je suis aise d'avoir à répéter le nom de M. G. Holmes) Scott Russell était, pour ce travail, secondé par l'Ingénieur, qui, depuis est devenu le Secrétaire des *Naval Architects*.

Deux hommes de haute valeur aidèrent Scott Russell à fonder l'*Institution of Naval Architects*, ce furent : *sir Edward Reed*, alors *chief constructor of Navy* — nous dirions. en France, le *directeur du matériel de la marine militaire* — et *sir Nathaniel Barnaby*, qui était alors l'adjoint et qui fut ensuite le successeur de sir Edward Reed.

Le premier président de l'Institution — c'est un trait qui mérite d'être signalé — a été président de suite pendant vingt-un ans. Et ce président n'était autre que sir John Packington, qui a été premier lord de l'Amirauté, quelque chose comme ministre de la Marine, qui l'a été pendant qu'il était président de l'Institution, et a continué à la présider quoique ministre. C'est là, je crois, un spectacle inusité en France, et il est peu probable, par exemple, que notre Société ai jamais comme président en exercice le ministre du Commerce et de l'Industrie ou celui des Travaux publics.

C'est la manifestation d'un des côtés les plus originaux du caractère national anglais. Les fonctionnaires, les agents de la puissance publique, y jouissent d'une très grande liberté d'allures et d'opinion. C'est ainsi que l'*Institution of Naval Architects* compte au nombre de ses membres beaucoup d'Ingénieurs de l'Amirauté, des amiraux et commodores, des officiers de marine et du génie, en activité de service. Ils font des communications, ils prennent part aux discussions, disent leur avis, et non pas seulement sur des questions d'ordre purement scientifique, mais

sur des faits d'application, sur telle ou telle construction navale existante, sur tel ou tel projet de l'Administration. Le long usage, l'usage héréditaire de la liberté de parler leur a sans doute enseigné les limites qu'il ne faut pas franchir.

Non seulement le gouvernement anglais ne s'en effraie pas, mais l'Amirauté elle-même recourt officiellement aux lumières des *Naval Architects*. C'est ainsi que, dernièrement, quand a été résolu le grand programme d'accroissement de la flotte militaire, sir Williams Withe, qui est directeur des constructions, est venu, au nom de l'Amirauté, exposer à l'Institution, ce qu'on se proposait de faire, et comment on projetait de le faire, sollicitant la discussion sur tous les points, et depuis, il est venu périodiquement entretenir l'Institution des résultats observés, qu'ils fussent bons, qu'ils fussent mauvais. C'est ainsi qu'à la dernière session, il a fait connaître, dans un mémoire, les résultats de l'application de quilles supplémentaires à plusieurs bâtiments en vue de réduire l'amplitude des oscillations dues au roulis.

Après sir John Packington, l'*Institution of Naval Architects* a été présidée pendant plusieurs années par le comte de Ravenworth, auquel a succédé lord Brassey. Mais lord Brassey est un grand ami du déplacement. Il a fait plusieurs fois le tour du monde sur son yacht qui est un splendide navire, et désireux de faire encore un grand voyage, il vient d'accepter le gouvernement de la colonie de Victoria, en Australie. Les *Naval Architects* et leurs amis regretteront son départ.

C'est grâce à l'influence de l'Institution des *Naval Architects* qu'est due la création de l'École d'Architecture navale où se forment aujourd'hui la plupart des Ingénieurs anglais, constructeurs de navires ou de machines marines. Cette École est illustrée par les deux Froude, qui ont institué une méthode justement célèbre pour l'étude des résistances.

Notre Collègue, M. Hart, a eu occasion de prononcer leur nom quand il nous a entretenu des beaux travaux de M. Risbec sur la même question.

L'*Institution of Naval Architects* compte actuellement 1 150 membres, les Anglais y sont en majorité, naturellement. Mais on y trouve des Ingénieurs de tous les pays; il y a un certain nombre de Français et non des moindres. Cette Société a ainsi un rayonnement dans le monde entier. On y rend hommage à l'influence des Ingénieurs français. On apprécie leur science, on y estime leurs recherches et les résultats qu'ils obtiennent. Je me le suis laissé dire volontiers, et volontiers aussi, je le crois. Ce n'est pas, en effet, faute d'hommes capables de la bien construire, que nous avons en France, si peu de marine, surtout de marine commerciale, et que notre pavillon est si rare sur les grandes routes de l'Océan.

En résumé, j'étais allé inviter ces messieurs à venir à Paris, leur disant que nous aurions grand plaisir à leur en faire les honneurs. C'est chose faite. La présence de M. G. Holmes ici a pour but de régler les détails de leur venue. Je crois que les choses se passeront de la façon la plus convenable.

Un Comité s'est formé pour assurer la réception des *Naval Architects*. On y compte, avec notre Président et M. de Dax, plusieurs membres de

notre Société. Les autres Sociétés y sont également représentées. A la tête de ce Comité se trouve un des plus populaires et des plus sympathiques d'entre les chefs de notre armée navale, l'amiral Charles Duperré; avec lui, le vénérable doyen du Génie maritime, M. de Bussy, et aussi, le promoteur de tout, M. Bertin, dont le zèle actif et ingénieux est une garantie de succès.

Cette réception aura donc un caractère très étendu; nombreux seront les Ingénieurs français qui seront heureux de recevoir en amis, en camarades, leurs Collègues étrangers. Notre cœur, comme notre vie, appartient à notre patrie. Mais, pour les hommes d'une même profession, il y a en quelque sorte une grande patrie commune, où on respecte les mêmes grands noms dans la science et dans l'industrie, une patrie dans laquelle Fulton, Dupuy de Lôme, Scott Russell, sont concitoyens. C'est dans cette patrie-là, sur le terrain de nos occupations communes et de nos communes prédilections scientifiques, que nous serons heureux de recevoir nos Collègues anglais. *(Applaudissements.)*

M. le Président joint ses remerciements à ceux si bien exprimés par M. Fleury. M. le Président rappelle en même temps que M. Bertin a été délégué, de 1886 à 1890, au Japon par le gouvernement français pour présider à la construction de plusieurs croiseurs et avisos dans l'arsenal d'Yokoski, dont la création est due elle-même à deux Ingénieurs de la marine francaise.

La guerre sino-japonaise a fait nettement ressortir la supériorité des navires construits par M. Bertin, et, au point de vue patriotique, nous devons nous féliciter de ces succès. M. le Président est heureux de pouvoir adresser de vive voix à M. Bertin nos compliments pour ces remarquables et si importants résultats.

M. le Président ajoute que si les navires de M. Bertin ont fait merveille, les canons de notre Collègue Canet ont donné des résultats non moins remarquables qu'il croit bon de signaler.

M. le Président donne la parole à M. Poklewski-Koziell pour sa communication sur *quelques procédés nouveaux d'exécution de travaux hydrauliques employés en Asie Centrale, dans des conditions exceptionnelles de terrains et de matériaux.*

M. Poklewski-Koziell expose rapidement dans quelles conditions il avait, sous la direction de M. Love, ancien Président de la Société, exécuté des travaux d'art et des remblais dans les marais de la Sèvre pour la construction du chemin de fer des Charentes. Quelques années plus tard, M. Poklewski-Koziell fut nommé Ingénieur en chef de Couldja (Asie Centrale) où il eut à exécuter de nombreux et importants travaux hydrauliques avec les seules ressources du pays.

M. Poklewski donne une description détaillée des travaux les plus intéressants, parmi lesquels nous citerons : le détournement de la rivière torrentielle le Cache qui avait produit des affouillements tels que le canal Acoustan, surélevé d'environ 20 *m*, menaçait d'être détruit ; la construction d'un moulin à trois étages sur un terrain mouvant animé par des

sources nombreuses; enfin, la reconstruction de la digue célèbre du Sultan-Bent qui arrêtait les eaux du Mourgab et permettait d'irriguer plus de 300 000 *ha*.

M. Poklewski termine en disant que dans les travaux qu'il a entrepris et menés à bien, il a toujours adopté pour principe qu'il convenait, dans les terrains mouvants, de constituer des plates-formes assez larges formant pour ainsi dire des radeaux d'une solidité incomparable, au lieu d'aller en profondeur.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Poklewski-Koziell de sa communication, qui a d'autant plus d'intérêt qu'il s'agissait d'utiliser les seuls éléments trouvés sur place, éléments complètement insuffisants si ces travaux avaient dû être exécutés dans les conditions ordinaires.

L'eau elle-même dont il avait à combattre les désastreux effets, a été pour lui un des éléments de sa réussite par les impuretés et les limons dont elle était le véhicule.

Ces travaux originaux sont d'un grand enseignement pour beaucoup d'Ingénieurs qui pourraient se trouver dans des circonstances analogues, et ceux de nos collègues qui n'ont pas assisté à la séance trouveront dans le *Bulletin* le compte rendu *in extenso* de la communication de M. Poklewski-Koziell.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. E. Cacheux pour sa communication sur *le rôle de l'Ingénieur dans l'organisation des secours publics en France et à l'étranger*.

Ce travail sera inséré au *Bulletin*.

M. LE PRÉSIDENT remercie M. Cacheux, qui nous a montré de combien de moyens nous disposions pour sauvegarder la vie de nos concitoyens et de nos semblables; il félicite M. Cacheux de se consacrer à l'étude de cette question avec tant d'ardeur et de persévérance.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission suivantes :

MM. B. Bijon, A.-P. Billiant, P.-C. de Engelmeyer, J.-B. Grand, J. Hermant, M. Lonquéty, J.-P.-E. Martinez, P.-J. Millet, F. Pinheiro de Carvalho comme membres sociétaires ;

M. le comte de Chambrun comme membre honoraire.

MM. G. Bernheim, M. Bouchet, H. de Grièges, A. de Kowanko, P. Mercier, J. Poklewski-Koziell, W.-C. Ralston, K. Sosnowski, M.-L. Vaïsse sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

LES GRUES ÉLECTRIQUES

DU

PORT DU HAVRE

PAR

M. E. DELACHANAL

I

GÉNÉRALITÉS

Les Chambres de Commerce maritimes, en dehors des fonctions consultatives que la loi leur confère, ainsi qu'aux autres institutions similaires, ont à s'occuper de toutes les questions relatives à l'agrandissement et à l'amélioration des ports :

Soit en apportant un concours financier, pour l'exécution des grands travaux et pour subventionner les institutions locales insuffisamment dotées ;

Soit en gérant directement certains services publics, avec l'autorisation et sous le contrôle de l'État.

Tels sont organisés au Havre les services :

Du sauvetage ;

Des signaux sémaphoriques ;

De l'outillage ;

et dans certains ports ceux du remorquage, du magasinage, etc.

Les bassins, quais, ponts, portes et autres ouvrages d'art sont exécutés et gérés par le service des Ponts et Chaussées.

Les fonds nécessaires pour l'exécution de ces travaux sont fournis : par l'État, par le Département, par la Ville, qui les prélèvent sur leur budget et par la Chambre de Commerce qui les emprunte.

Le service d'amortissement et d'intérêt de ces emprunts est assuré par un droit de tonnage que doivent acquitter les navires fréquentant le port.

Ce droit, qui constitue une participation directe de ceux qui

sont intéressés aux améliorations dont ils seront les premiers à profiter, varie d'importance et de nature, suivant les ports et suivant les circonstances.

La Chambre de Commerce du Havre a participé aux travaux du port dans les proportions suivantes :

SOMMES VERSÉES AU TRÉSOR A TITRE DÉFINITIF.

Construction du bassin de la citadelle (1865). . .	4 800 000 *f*
Achèvement du bassin de l'Eure et agrandissement de l'avant-port (1870)	7 000 000
Construction du neuvième bassin (1880)	4 000 000
Construction du canal de Tarcarville (1885) . .	5 000 000
Dragages dans la passe du Sud-Ouest (1891) . .	545 000
Achat d'un matériel de dragage (1891)	890 000
Approfondissement du bassin Vauban (1892) . .	50 000
Réfection du pont du Dock (1892)	20 000
Construction d'un bassin pour les navires chargés de pétrole (1892).	600 000
Construction de quais maritimes à l'extrémité sud-ouest du canal de Tancarville (1893).	765 000
Subvention votée et non encore versée pour les travaux d'amélioration du port (1895)	9 685 500
ENSEMBLE.	33 335 500 *f*

Dans cette somme ne sont pas compris les intérêts payés par la Chambre de Commerce pour les emprunts qu'elle a dû contracter et qui s'élèvent actuellement à la somme de 5 260 000 *f* environ.

SOMMES VERSÉES AU TRÉSOR A TITRE D'AVANCES.

	Montant des avances.	Intérêts supportés par la Chambre de Commerce
	—	—
Achèvement du bassin de l'Eure et agrandissement de l'avant-port (1874)	6 000 000	350 300 *f*
Construction de deux formes de radoub (1886).	2 350 000	396 000 *f*
TOTAUX :		
Des avances	8 350 000	
Des intérêts supportés par la Chambre de Commerce		746 300 *f*

Les sommes réellement prélevées sur les ressources spéciales du droit de tonnage s'élèvent à ce jour :

1° Pour les subventions payées à l'État, à . . .	23 670 000 *f*
2° Pour les intérêts desdites subventions, à . .	5 260 000
3° Pour intérêts sur les avances à l'État, à . .	746 300
TOTAL.	29 676 300 *f*

Les services gérés par les Chambres de Commerce sont d'utilité publique, ne constituent pas un monopole et ont leurs ressources particulières qui doivent leur suffire.

Jusqu'en 1885, l'outillage du port du Havre avait été laissé presque entièrement à l'initiative privée ; il s'était peu développé.

A cette époque, l'achèvement des nouveaux bassins nécessita la création d'installations perfectionnées dont la Chambre de Commerce accepta la charge. Depuis, elle a cherché à faire profiter les anciens bassins des mêmes avantages que les nouveaux, autant que les circonstances le permettaient.

De leur côté, les Docks-Entrepôts ont disposé dans la partie du port qui leur est concédée, des engins appropriés à leur trafic.

L'ensemble de toutes ces installations constitue un outillage moderne, perfectionné et complet, en état de rivaliser avec celui des autres ports.

Les nouveaux travaux d'amélioration du port, récemment votés, permettront d'adjoindre des appareils plus puissants et plus en rapport avec les exigences nouvelles de la navigation.

La partie de l'outillage exploitée par la Chambre de Commerce comprend :

19 hangars clos d'une superficie de 63 080 m^2, présentant un développement de 2134 *m*, ayant coûté 2 550 000 *f* et 50 engins de levage ayant coûté 1 300 000 *f*.

Ces engins sont ainsi répartis :

Sur les nouveaux quais des deux darses du bassin Bellot :

2 grues roulantes hydrauliques de 1 500 à 3 000 *kg* ;
28 grues roulantes hydrauliques de 750 à 1 250 *kg* ;
2 treuils mobiles hydrauliques à double effet, de 200 *kg* ;
2 treuils mobiles hydrauliques de 1 000 *kg*.

Sur le quai Colbert (bassin Vauban, affecté aux déchargements de charbon) :

5 grues roulantes à vapeur de 1 500 *kg*;
1 grue roulante électrique de 1 500 *kg*;
3 grues roulantes électriques de 1 500 *kg (en montage)*.

Pour l'ensemble des bassins :

1 grue flottante à vapeur de 10 000 *kg*;

et, plus spécialement, pour les quais trop étroits pour que l'on puisse y installer des grues roulantes :

6 grues flottantes à vapeur de 1 250 *kg*.

Ces derniers engins sont placés entre bord et quai pour opérer les déchargements, ou entre deux navires pour les transbordements.

Le budget annuel du service de l'outillage dépasse 500 000 *f* et les recettes permettent de couvrir les dépenses, intérêts et amortissement compris, sans qu'il y ait lieu de recourir à une taxe spéciale frappant tous les navires entrant dans le port.

L'outillage est facultatif, et ceux qui veulent en faire usage ont seuls à en supporter la charge.

En présence de certains inconvénients que présentent les engins à vapeur ou hydrauliques, la Chambre de Commerce a voulu se rendre compte des avantages qu'elle pourrait trouver à les remplacer par des engins mus par l'électrité. Ce nouveau mode de transmission de force a bien été appliqué depuis longtemps aux ponts roulants et autres appareils de levage, mais le fonctionnement de ces engins différant totalement de celui des grues de quais maritimes, on ne pouvait tirer aucune indication utile de ce qui avait été fait.

Les premières applications de l'électricité dans les ports étrangers avaient donné des résultats défavorables, et les plus récentes présentaient le grave inconvénient de donner aux engins une grande brusquerie de mouvements.

En France même, au moment d'installer un outillage complet, deux grands ports commerciaux ont renoncé à employer l'électricité pour donner leur préférence à l'eau sous pression.

L'un, après un examen attentif par une commission spécialement nommée à l'effet d'examiner et de comparer les projets de chaque système présentés par divers constructeurs.

L'autre, après des essais, peut-être un peu hâtifs, qni n'ont pas donné des résultats satisfaisants.

On était donc en présence d'une question déjà ancienne qui nécessitait une étude nouvelle de la solution mécanique et dont il s'agissait d'établir les données au point de vue économique; données qui font encore totalement défaut, car, si les premiers essais ont fourni des indications pour la construction et l'installation des moteurs, ils n'ont pas duré assez longtemps pour fixer les dépenses d'entretien et d'exploitation.

Les engins de levage dont on dispose actuellement dans les ports présentent bien quelques inconvénients, mais il serait inutile de les remplacer par d'autres, nouveaux ou seulement modifiés qui présenteraient bien aussi leurs désavantages, si cette substitution n'était pas justifiée par un fonctionnement plus parfait et par une exploitation plus commode et moins coûteuse.

Il s'agit, en somme, de remplacer dans des engins très perfectionnés dont le fonctionnement mécanique donne toute satisfaction, un moteur bien asservi, dont on règle à volonté la puissance, l'amplitude et la rapidité des mouvements, à l'aide d'un simple jeu de valve, par un autre moteur, moins facile à diriger, dont la mise en marche est loin d'être simple et dont la vitesse de rotation, toujours grande, doit être uniforme pour que le rendement soit bon.

Les opérations de chargement aussi bien que celles de déchargement d'un navire exigent que l'engin puisse à volonté lever ou amener la charge de quelques centimètres ou la tenir suspendue.

Il faut que ces opérations se fassent lentement en suivant avec précision les ordres d'un pareur, posté à bord, à portée du panneau, en un point d'où il aperçoit en même temps les ouvriers de la cale et le conducteur de l'engin. La vue de la cale étant masquée à ce dernier par le pont du navire.

La moindre fausse manœuvre, hésitation ou brusquerie, peut donner lieu à des accidents regrettables ou à des avaries onéreuses.

Puis, une fois la charge hors du panneau, dans les mouvements d'approche ou d'enlèvement, il faut que la grue manœuvre avec rapidité pour gagner du temps.

Ce n'est que grâce à un long apprentissage et à une attention soutenue, que les conducteurs d'engins à vapeur arrivent à remplir ces conditions, c'est-à-dire à assouplir leur moteur.

Disons, dès maintenant, qu'il est peu probable, en ce qui concerne les grues de quai, que jamais l'emploi des moteurs électriques permette d'obtenir en même temps la précision, la dou-

ceur de mouvement, la sécurité, la simplicité mécanique, la facilité d'entretien et le bon marché d'exploitation que donnent les appareils mus par l'eau sous pression.

Ce sont des considérations d'un tout autre ordre qui militent en faveur de l'emploi de l'électricité.

Parmi ces considérations, nous espérons que la plus grande mobilité des engins, que l'augmentation du rendement mécanique et que la suppression des canalisations et des dangers de gelée seront en faveur de l'électricité.

Toutefois, au Havre, les lignes de transport et les prises de courant devant être placées au-dessous d'un sol généralement humide, sillonné de voies ferrées et sur lequel circulent de lourds camions, présentent des difficultés non encore résolues.

Il fallait donc se rendre un compte exact des avantages mécaniques et économiques que présenterait l'application de l'énergie électrique aux grues de quais maritimes.

C'est dans ce but que des essais ont été faits sur l'une des quatre grues en construction, pour compléter l'outillage du quai Colbert *(fig. 1, Pl. 136)*.

Il avait été reconnu, en effet, que les cinq grues à vapeur actuelles, en exploitation, étaient insuffisantes pour un quai, long de plus de 600 *m*, sur lequel se fait presque tout le trafic de charbon du Havre. Soit environ 300 000 *t* sur les 600 000 *t* importées annuellement par le port.

Le type de grue en service a l'avantage de se prêter facilement à l'application d'un moteur électrique, tout en se ménageant la possibilité de revenir au moteur à vapeur, en cas d'insuccès de l'électricité.

De plus, le voisinage de l'importante usine de la Société l'Énergie électrique permet d'obtenir le courant nécessaire aux essais sans avoir à établir une génératrice et un moteur spéciaux *(fig. 1, Pl. 136)*.

Le courant disponible est continu sous une tension de 500 volts environ. Il est fourni par trois génératrices du système Thomson-Houston, d'une puissance de plus de 225 kilowats chacune, actionnées par des moteurs à vapeur horizontaux à un seul cylindre, à double effet, système Farcot, à détente variable par le régulateur.

Une première série d'essais comparatifs fut faite sur des dynamos, de systèmes différents, proposées par quatre constructeurs de matériel électrique.

Ces essais avaient pour but non seulement de déterminer quel était le meilleur des systèmes proposés, mais surtout de fixer les conditions définitives d'un programme à dresser en vue d'un concours au deuxième degré, auquel devaient prendre part les quatre constructeurs ayant participé aux premiers essais.

Ce programme devait fixer les conditions d'exécution d'un moteur spécialement établi pour satisfaire aux exigences du problème à l'étude.

Ce sont les essais définitifs faits sur ce moteur, ainsi que sa mise en service régulier, qui permettront de se rendre compte avec exactitude des avantages de l'électricité.

Aujourd'hui, les résultats obtenus sur la première grue, munie de son nouveau moteur, ont paru assez satisfaisants pour que des moteurs électriques soient installés sur les trois autres grues nouvelles.

De telle sorte que l'on aura sur le même quai, pour faire le même service, neuf grues, dont cinq à vapeur et quatre électriques.

Après une période de fonctionnement d'une année environ, la comparaison entre les deux systèmes sera complète et définitive.

L'exploitation faite en parallèle donnera des indications précises sur la durée des appareils, sur les dépenses d'entretien et d'exploitation et permettra de juger, en dernier ressort, s'il y a lieu de profiter de ce que le mécanisme, des cinq premières grues à vapeur du quai Colbert, est en tous points semblable à celui des nouvelles pour les armer aussi de moteurs électriques.

Enfin la transformation des engins hydrauliques pourra être étudiée.

C'est là qu'est le point le plus important de l'étude, par suite du grand nombre de ces derniers engins dont le genre de construction se prête fort peu aux modifications que nécessiterait la substitution d'un moteur rotatif à un moteur tel que le piston plongeur des grues hydrauliques.

Pour ces derniers engins, le moteur idéal devrait agir, comme le piston plongeur, en appliquant la force magnétique sur un noyau et en utilisant les cylindres actuels comme guides et modérateurs d'amenage ou freins, afin de conserver aux nouvelles grues les avantages propres aux moteurs hydrauliques tout en les faisant profiter de ceux de l'électricité.

Nous exposerons plus loin quelques considérations générales sur le fonctionnement des grues, sur les conditions qu'elles doivent remplir, puis, après les avoir décrites et avoir indiqué la manière

de les manœuvrer, nous résumerons les résultats numériques obtenus pendant les essais ainsi que les conclusions qu'il convient d'en tirer.

Description de la grue essayée.

Les premières grues à vapeur du quai Colbert ont été construites en 1890, par MM. Caillard frères, du Havre; comme elles ont donné toute satisfaction et qu'elles se prêtent facilement à l'adaptation d'un moteur électrique, l'exécution de la partie mécanique des nouvelles fut confiée à la même maison, sous la réserve que l'installation des chaudières et des moteurs à vapeur serait différée ou abandonnée suivant les résultats des essais. On se garantissait ainsi d'un échec pouvant provenir de la partie mécanique de l'engin.

Ce n'est pas forcément le constructeur de la partie électrique et de ses accessoires qui doit construire l'appareil de levage.

Les grues *(fig. 4 et 5, Pl. 136)* supportées par un portique métallique, muni de roues, peuvent se déplacer par leurs propres moyens, sur deux rails spéciaux, parallèles au quai. Le portique est à cheval sur la voie de chemin de fer la plus rapprochée du bassin; il supporte, à sa partie supérieure, le pivot et la couronne dentée d'orientation.

Les mouvements de levage, d'orientation et de déplacement de la grue sont pris sur un même arbre, premier moteur E *(fig. 6 et 7, Pl. 136)*.

Dans le cas de moteur à vapeur, cet arbre porte, à ses deux extrémités, des plateaux-manivelles, actionnés par les bielles. Dans le cas de moteurs électriques, la dynamo agit sur l'arbre, soit par un relais d'engrenages retardateurs, soit directement.

Pour obtenir le déplacement de l'engin le long du quai, sa flèche est tout d'abord placée du côté du terre-plein. Dans cette position, il est possible d'embrayer sur l'arbre premier moteur E une transmission P qui agit sur les deux roues porteuses de la palée du portique, opposée au bassin.

La grue étant en place et la translation débrayée, les mouvements de levage et d'orientation sont obtenus en manœuvrant deux leviers convenablement placés dans les mains du conducteur.

Le levier B, de la main gauche, produit l'orientation dans l'un

ou l'autre sens suivant qu'on le pousse en avant ou le retire en arrière; il embraye, sur l'arbre premier moteur, une des deux frictions coniques R, qui agissent, chacune dans un sens, sur un double relais d'engrenage *b*, dont le dernier pignon engrène avec la couronne dentée *b'*, boulonnée sur le portique.

Cette couronne étant fixe, c'est le pignon qui est obligé de se déplacer autour d'elle, en entraînant la grue dans son mouvement.

En agissant verticalement sur le levier A, placé dans la main droite, on obtient les mouvements de levage et d'amenage de la charge. Ce même levier sert à produire et à modérer la marche de la machine, en le déplaçant de droite à gauche. On ouvre ainsi graduellement, par l'intermédiaire de la fourchette, la valve d'admission de vapeur; ou, dans le cas de l'électricité, on diminue la résistance du rhéostat interposé.

Le mécanisme de levage se compose d'un tambour en fonte N, sur lequel s'enroule la chaîne, actionné par une roue à dents droites M qui engrène avec un pignon fixé à l'une des extrémités d'un arbre intermédiaire S.

L'entraînement de cet arbre, et par suite du tambour de levage, est obtenu au moyen de frictions à gorges dont l'une, L, est montée à l'extrémité de l'arbre intermédiaire S, opposée au pignon et dont l'autre, L', est clavetée sur l'arbre premier moteur E, en dessous de la précédente.

Un frein K, à patin en bois, est fixé sur l'une des flasques de la grue, au-dessus et à une très faible distance de la friction à gorges L, montée sur l'arbre intermédiaire S.

Cette friction L tourne donc entre le frein d'amenage K et la friction inférieure motrice L' montée sur l'arbre premier moteur, de telle sorte qu'en levant ou abaissant très légèrement l'extrémité de l'arbre intermédiaire S et en même temps, la friction L, calée sur lui, on mettra cette dernière en prise avec le frein d'amenage K ou avec la friction motrice L'. Pour obtenir ces mouvements, on agit sur le coussinet excentrique A', à l'aide du levier A, que l'on abaisse pour embrayer le mouvement de levage, que l'on relève pour mettre en prise sur le frein K, et dont on modère l'action à volonté pour tenir la charge suspendue ou pour l'amener avec la vitesse que l'on veut.

Un contrepoids Q assure la mise en action automatique du frein, si, pour une cause quelconque, le conducteur abandonnait accidentellement son levier de commande.

Manière de manœuvrer la grue.

Le levier d'orientation B, étant placé verticalement et celui de levage A horizontalement, aucun mouvement n'est embrayé et le moteur peut être mis en marche en agissant de droite à gauche sur le levier A qui permet, suivant l'amplitude donnée à son déplacement transversal, de régler la vitesse à volonté.

On peut embrayer simultanément ou séparément les divers mouvements sur l'arbre premier moteur en marche; mais, pour le levage, il y a toujours une certaine brusquerie lorsqu'on opère ainsi, surtout quand la charge est suspendue au crochet.

L'orientation s'obtenant plus graduellement, on n'a pas à craindre cet inconvénient.

Il est préférable d'embrayer d'abord le mécanisme de levage, et de mettre le moteur en marche ensuite.

Cette manière de faire a l'avantage de permettre de régler à volonté la hauteur et la vitesse de levage, au moment du départ, en introduisant une quantité de vapeur ou d'électricité que le conducteur de l'engin sait bien vite proportionner aux besoins de l'opération à effectuer.

Il faut, en effet, tout d'abord raidir doucement la chaîne, puis soulever la charge de quelques centimètres, pour l'amener dans la verticale de la poulie de tête de flèche, en la faisant glisser sur le fond de la cale, avant de commencer, en grand, le mouvement de levage.

Ces sujétions, très importantes pour les déchargements de charbon, varient suivant les opérations à faire; mais il est toujours indispensable de pouvoir maîtriser l'engin au moment du départ pour raidir graduellement ou la chaîne ou les élingues avant de soulever la charge, sans quoi ces mouvements préliminaires se feraient avec une brusquerie dangereuse.

Au contraire, quand on commence par mettre le moteur en marche avant d'embrayer le levage ou quand il tourne continuellement, on ne peut raidir la chaîne et amener la charge à l'aplomb de la poulie de tête de flèche qu'en prenant la force voulue, sur le moteur, par un embrayage graduel des frictions. Comme l'induit tourne d'autant plus vite à ce moment qu'il n'a eu jusque-là aucun travail à fournir, il faut faire agir les frictions avec beaucoup de précautions pour graduer à la fois et la force et la vitesse

que l'on veut emprunter au moteur, ce qui ne peut s'obtenir qu'en laissant un glissement se produire entre les frictions.

Quelle que soit l'habileté et l'attention du conducteur, il ne peut éviter que cette manœuvre soit brusque, parce qu'au moment où commence le mouvement de levage, il faut produire un embrayage presque complet entre une lourde charge au repos et un système mécanique d'une masse importante, doué d'une vitesse acquise très grande. Il se développe alors des forces considérables dans tous les organes de l'engin.

Les glissements entre les frictions, indispensables pour atténuer la brusquerie des embrayages, sont nuisibles aux surfaces frottantes et donnent lieu à une perte importante de travail qui finit par se chiffrer.

Nous avons longuement insisté sur la description du mécanisme de la grue soumise aux essais et sur la manière de la faire fonctionner, parce que la réussite de l'application des moteurs électriques aux appareils de levage y est intimement liée.

En effet, jusqu'à ce qu'on ait trouvé un autre moyen d'utiliser l'énergie électrique, que par des électro-moteurs à mouvement circulaire continu et rapide, il faudra employer des engins de levage semblables à ceux mus par des machines à vapeur.

Or, toutes les grues à vapeur, sauf celles à action directe, à peu près abandonnées d'ailleurs, présentent des dispositions analogues quelquefois plus compliquées et souvent moins bonnes que celles du système de MM. Caillard frères.

Ainsi qu'on le verra plus loin, les résultats des expériences ont confirmé ce qui vient d'être dit et l'électro-moteur qui a donné les meilleurs résultats est précisément celui dont le fonctionnement est presque identique à celui du moteur à vapeur, que l'on met en marche et dont on modère la vitesse suivant les besoins.

II

PREMIERS ESSAIS COMPARATIFS

des divers systèmes d'électro-moteurs.

Ainsi que nous l'avons dit, les premiers essais faits en juin et juillet 1894 avaient pour but de soumettre à des épreuves comparatives des dynamos de divers systèmes, afin, soit d'adopter celle qui répondrait le mieux aux conditions d'un programme provisoire, soit surtout de fixer les conditions d'un programme définitif, qu'une machine spécialement étudiée devrait remplir pour satisfaire aux desiderata résultant des essais comparatifs.

Le programme provisoire que nous reproduisons partiellement plus loin, avait eté dressé spécialement en vue des premiers essais, auxquels quatre importantes maisons de construction de matériel électrique voulurent bien prendre part.

Programme provisoire

Conditions de fonctionnement de la grue.

Le moteur électrique devra permettre d'obtenir les mêmes facilités de fonctionnement que celui à vapeur, de façon à satisfaire aux conditions suivantes :

1° La vitesse maxima d'élévation d'un fardeau de 1 500 *kg* sera de 0,80 *m* par seconde et pourra varier à volonté. Cette vitesse étant devenue nulle, c'est-à-dire que le colis étant suspendu au crochet, le moteur électrique devra être capable de reprendre le mouvement d'élévation sans hésitation, sans brusquerie et surtout sans amenage préalable.

2° Le crochet arrêté brusquement dans sa course, pendant le levage, qu'il supporte ou non un fardeau, ne devra déterminer aucune rupture dans le moteur ou dans l'engin.

3° Un colis de 3 000 *kg* étant suspendu au crochet et retenu par le moteur préalablement calé, la grue sera orientée en tous sens.

4° Le moteur devra être disposé de façon à ne pouvoir tourner

en sens inverse ; c'est-à-dire que, dans le cas où il cesserait d'agir pour une cause quelconque, il doit instantanément et automatiquement s'opposer à l'amenage de la charge.

5° Le moteur devra être assez puissant pour permettre d'obtenir un mouvement d'élévation de 10 *m* de hauteur, une orientation à 180° et un amenage aussi de 10 *m*, puis de revenir au point de départ, en faisant les mêmes opérations dans le sens inverse, en 45 secondes.

6° L'entretien, la surveillance et la manipulation des conducteurs électriques ou des appareils divers ne devront présenter aucun danger pour le personnel. L'installation sera faite conformément aux décrets et règlements en vigueur.

7° La dynamo et ses accessoires devront être soigneusement à l'abri de la poussière et construits pour que le remplacement en soit facile et rapide.

La dynamo sera disposée pour recevoir les appareils de contrôle : voltmètre, ampèremètre ; elle sera garantie contre les accidents que pourrait lui causer une augmentation brusque de l'intensité ou de la tension du courant qui lui est fourni.

8° La consommation des appareils sera indiquée en watts, par tour de l'arbre premier moteur ou de toute autre manière présentant un contrôle facile.

Renseignements.

L'arbre premier moteur fait quatre tours par seconde.

Le rendement mécanique entre cet arbre et le crochet de la chaîne de levage est d'environ 60 0/0, le mécanisme de la grue étant neuf.

L'arbre vertical d'orientation et de déhalage doit faire 1,33 tour par seconde.

Les courants seront amenés par deux collecteurs à balais, placés autour du pivot au-dessus du parquet de la grue.

L'attention des constructeurs doit se porter sur les moyens pratiques d'obtenir une variation de vitesse aussi étendue que possible.

Le moteur recevra le courant d'une canalisation sur laquelle, ultérieurement, on pourra disposer une série de moteurs semblables montés en dérivation.

La génératrice qui fournit le courant est d'une grande puissance.

Havre, le 16 décembre 1893.

Pour répondre à ce programme, les constructeurs proposèrent d'appliquer divers genres de dynamos, avec inducteur en série, en dérivation ou compound, et chacun choisit, parmi ses types courants, celui qui lui paraissait s'appliquer le mieux.

Une première difficulté se présenta dès l'origine. Aucune des machines proposées ne tournait avec la même vitesse que l'arbre premier moteur de la grue, soit 240 tours par minute.

Sauf une exception, les induits faisaient 700 à 800 tours.

Une transmission intermédiaire était donc nécessaire et le manque de place ne permettant pas d'utiliser les courroies, il fallait donc employer des engrenages ou des frictions *(fig. 2 et 3, Pl. 136)*.

Les dimensions à donner aux engrenages conduisaient à leur imposer une vitesse tangentielle de 7 *m* à 8,5 *m* que l'on jugeait trop grande pour ce genre de transmission, à moins de recourir à l'emploi de roues à denture taillée, en vue d'éviter le bruit et les trépidations.

Il n'y avait pas là un obstacle matériel, mais une difficulté économique pour l'avenir, à cause du prix d'une telle installation.

Il fut décidé que l'on essayerait une transmission par roues à denture à chevrons non taillée, et, pour éviter une perte de temps, en cas d'insuccès, on construisit simultanément une transmission par roues à frictions à gorges, semblable à celle qui sert d'embrayage entre l'arbre moteur et l'arbre intermédiaire de la grue. Pour assurer le bon fonctionnement de cette transmission, le moteur fut placé sur un bâti oscillant afin de pouvoir régler, par un levier à contrepoids, la pression de contact entre les frictions, pression qui doit varier suivant les circonstances de façon à être juste suffisante pour obtenir l'entraînement sans glissement.

Les constatations faites pendant les essais établissent que ce dernier mode de transmission absorbait 10 0/0 du travail moteur et produisait un bruit presque aussi fort que celui des engrenages.

Les frictions furent donc abandonnées et nous ne donnerons pas les résultats des essais faits avec elles, nous bornant à constater que les avantages qu'elles procurent, comme douceur de fonctionnement, ne compensent pas la perte de travail à laquelle elles donnent lieu.

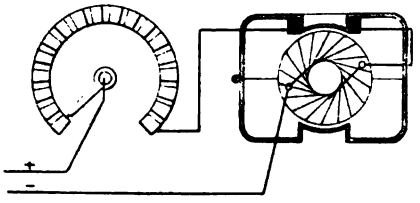
Description des quatre dispositions essayées.

Décrivons sommairement chaque système de dynamo, puis nous examinerons ensuite les résultats obtenus avec chacun d'eux pendant les essais.

1° Dynamo avec inducteur en série.

La machine, du genre moteur de tramway, construite pour résister aux trépidations, est très robuste et enfermée dans une enveloppe en acier fondu formant armature. Cette armature supporte les paliers de l'induit ainsi que ceux d'un arbre intermédiaire qui, dans le cas de l'installation sur un tramway, n'est autre que l'essieu des roues. Une paire d'engrenages à denture droite, taillée, réduit dans la proportion voulue la vitesse de l'induit.

Dynamo en Série
Type Tramway.



Cette disposition est défectueuse dans les circonstances actuelles, puisque la présence d'un arbre intermédiaire sur la dynamo oblige à réduire d'abord la vitesse, qui est d'environ 400 tours pour l'induit, à 90 tours pour l'arbre intermédiaire formant essieu, et à l'augmenter ensuite afin d'obtenir les 240 tours de l'arbre premier moteur.

Le commutateur du rhéostat permet de fermer le circuit sur de fortes résistances, intercalées en série sur la dynamo, puis de les diminuer progressivement suivant la vitesse à obtenir, et enfin, d'intercaler des résistances croissantes avant d'ouvrir le circuit et par suite d'éviter les étincelles.

2° Dynamo avec inducteur en dérivation.

Cette dynamo comporte deux inducteurs, garnis d'un fort enroulement en fil fin, montés en série entre eux, mais shuntés sur le courant principal. L'installation est complétée par un rhéostat de mise en marche destiné aussi à obtenir des variations de vitesse, et, enfin, un commutateur à quatre phases.

Dans la première position le contact est coupé partout.

Dans la deuxième position le courant excite les inducteurs.

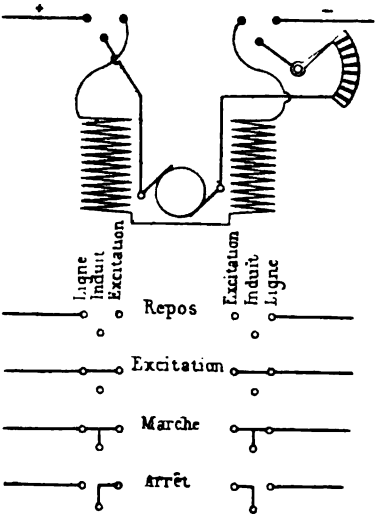
Dans la troisième position le rhéostat étant au maximum de résistance, le courant passe dans l'induit, la machine se met en marche ou règle sa vitesse par le rhéostat.

Dans la quatrième position, la dynamo se ferme sur elle-même, et s'arrête très rapidement sans produire d'étincelles dangereuses.

Cette quatrième position pourrait, à la rigueur, remplacer la première qui est peu utile.

Le commutateur est construit pour produire des ruptures brusques et éviter les étincelles.

Dynamo en derivation.



En marche normale, l'induit doit faire 700 tours par minute.

3° Dynamo compound.

Premier type : *Dynamo se rapprochant du moteur en série.*

Cette machine, du genre tramway, c'est-à-dire ramassée et robuste, possède un seul inducteur dont les deux premières couches sont en fil fin et les autres en gros fil.

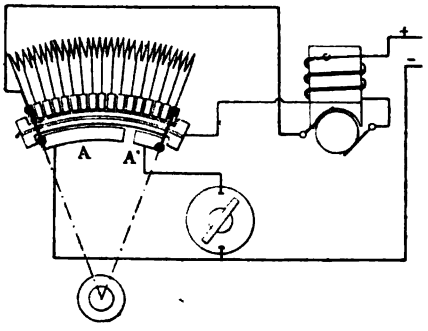
Au commutateur du rhéostat est joint un interrupteur à rupture brusque.

Le commutateur étant en A′ sur les fortes résistances, le circuit reste ouvert et le courant ne passe que si l'on ferme l'interrupteur et en même temps le circuit. Alors le fil fin de l'inducteur est excité sans interposition de résistances, tandis que toutes celles du rhéostat sont placées sur le circuit qui passe en série par le gros fil de l'inducteur et par l'induit.

L'interrupteur étant fermé, la machine peut démarrer, à blanc seulement, sans donner un trop grand à-coup d'intensité. Puis, diminuant graduellement les résistances en amenant le frotteur sur la longue touche A, la machine prend de la force et de la vitesse.

L'action des couches de fil fin produit une excitation suffisante, surtout au départ sur les grandes résistances, pour empêcher l'emballement à blanc, bien que, dès ce moment, la dynamo fonctionne en série.

Dynamo Compound *Genre en série*



C'est surtout quand les résistances du rhéostat sont retirées que la machine se rapproche du type en série. Il serait dangereux alors de fermer le circuit, si pour une raison quelconque on l'avait interrompu. Cette manœuvre a été faite pendant les essais et a produit de violents à-coups d'intensité au moment où, ayant ouvert l'interrupteur de la ligne, on l'a refermé sans faire mettre le commutateur du rhéostat sur les fortes résistances.

Pour éviter que cet inconvénient puisse se produire dans la grue, le commutateur est composé de deux touches distinctes : celle A qui est toujours reliée à la ligne, et celle A′ qui peut être isolée par l'interrupteur. De telle sorte que pour pouvoir couper le circuit et arrêter la dynamo, il faut forcément amener le frotteur du commutateur sur la touche A′, puis ouvrir l'interrupteur dont la manœuvre préalable n'aurait pu arrêter la dynamo tant que le commutateur était sur la touche A.

Pour remettre en marche, il faut d'abord fermer l'interrupteur, puis diminuer les résistances par le commutateur du rhéostat. Si on oubliait la première de ces deux opérations, le circuit serait fermé, au moment où le commutateur quittant la touche A′ rencontrerait la touche A, c'est-à-dire sur des résistances encore appréciables, l'à-coup d'intensité serait grand, mais non dangereux.

On évite donc bien, par cette disposition, que le circuit puisse être fermé, dans la grue, sans interposition de grandes résistances. Il est préférable, pour atténuer l'à-coup d'intensité à la mise en marche et diminuer les étincelles de rupture à l'arrêt de n'ouvrir l'interrupteur que quand le commutateur du rhéostat est à bout de course sur les grandes résistances, en A′, et de la fermer dès qu'on veut mettre la dynamo en marche.

L'induit devait faire 720 tours par minute en marche normale.

4° Dynamo compound.

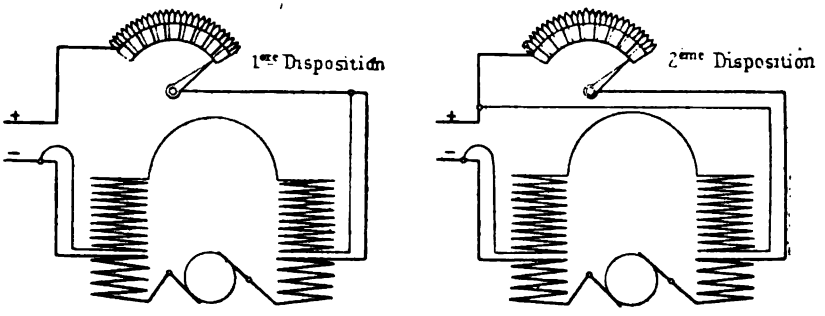
Deuxième type : *Dynamo se rapprochant du type en dérivation.*

Cette machine a deux inducteurs. Chacun d'eux est composé de cinq galettes, dont quatre en fil fin, shuntées sur le courant principal, mais en série les unes à la suite des autres ainsi que sur le rhéostat, et dont la cinquième, en gros fil, est montée en série sur l'induit et le rhéostat.

A fin de course du rhéostat, le courant était interrompu.

Cette première disposition ayant donné lieu à des à-coups d'in-

Dynamo Compoud. *Genre en dérivation.*



tensité de 150 ampères, les inducteurs en fil fin furent shuntés avant le rhéostat pour que les inducteurs soient continuellement excités (deuxième disposition).

Il fallait alors avoir recours à un interrupteur placé avant le rhéostat pour interrompre complètement le courant. Cette modification a réduit les à-coups d'intensité à 100 ampères environ.

L'induit devait faire 700 tours par minute en marche normale.

Opération constituant les essais.

Pour comparer entre elles les diverses machines proposées, il fallait les placer dans des conditions identiques, puis leur demander de faire le même travail. C'est-à-dire que, les ayant installées successivement sur le même engin, elles devaient, à l'aide du même mécanisme, soulever autant de charges égales à la même hauteur et dans le même temps.

Pendant les opérations de déchargement d'un navire, tous les

éléments du travail se modifient. La hauteur du levage augmente à mesure que les cales se vident et varie suivant la hauteur des obstacles à éviter.

L'amplitude du mouvement d'orientation change aussi à chaque instant.

Il eût donc été impossible de comparer les résultats obtenus si l'on avait opéré dans de telles conditions.

Les déchargements de charbon se font à l'aide de bennes pesant, vides, 250 *kg* environ. Ces bennes contiennent de 800 à 1 000 *kg* de charbon. Il en est déchargé de 35 à 40 par heure. Avec le matériel naval affecté au service de transport du charbon et fréquentant le quai Colbert, la hauteur d'élévation varie de 2 à 8 *m*, du commencement à la fin du déchargement et suivant la hauteur de l'eau dans le bassin.

L'amplitude de l'orientation est d'environ 160 degrés.

Le fonctionnement le plus fatigant pour l'engin consiste donc à élever 40 charges de 1 250 *kg* à 8 *m* de hauteur, par heure, en les orientant de 160 degrés, et à revenir avec la benne vide préalablement relevée de un mètre environ.

Les essais devant se faire dans des conditions plus dures, il fut imposé de lever 40 charges à 10 *m* de hauteur en les orientant de 180 degrés et de faire autant d'opérations semblables avec une benne vide.

Cette hauteur, par suite de la difficulté d'obtenir un levage de 10 *m* du côté du terre-plein, a été réduite à 9 mètres.

Comme on ne pouvait opérer sur un navire chargé de charbon, placé le long du quai, pour les raisons données plus haut, on simula un déchargement en disposant, sur le terre-plein, deux bennes pesant 250 *kg*, dont l'une était vide et l'autre chargée de 1 250 *kg* de lest en fonte afin de porter son poids à 1 500 *kg*.

Chaque benne était prise alternativement 20 fois par heure, élevée à 9 mètres de hauteur, orientée de 180 degrés, amenée au niveau du quai du côté du bassin, puis relevée à 9 mètres de hauteur, et ramenée à son point de départ.

Le travail à fournir dans de telles conditions était de 40 à 50 0/0 plus considérable qu'en marche normale.

Essais de consommation.

La dépense d'énergie est constatée en watts, au tableau de la génératrice, par un compteur Thomson-Houston dont les lectures sont faites tous les quart d'heure exactement.

Les chiffres relevés pendant le fonctionnement décrit ci-dessus donnent la consommation globale pour tous les mouvements.

Il est intéressant, pour se rendre compte du travail absorbé par les organes et par chaque nature d'opérations, de constater la dépense correspondante d'énergie.

Ces chiffres sont relevés :

1° Pendant que la dynamo tourne à blanc, à sa vitesse de régime;

2° Pour orienter la grue avec une benne vide suspendue au crochet, en donnant au moteur sa vitesse de régime;

3° Pour faire la même opération avec une benne pleine;

4° Pour lever à 9 *m* de hauteur une benne vide pesant 250 *kg*, avec la vitesse de régime;

5° Pour faire la même opération avec une benne pleine en lui imprimant la plus grande vitesse possible.

Les chiffres constatés sont donnés plus loin, ils permettront non seulement d'évaluer le travail absorbé par les différentes fonctions, mais aussi de déterminer le rendement des organes.

Essais de vitesse.

Le programme du concours fixait deux conditions de vitesse à remplir :

1° Pendant le fonctionnement, une opération complète devait se faire en 45 secondes (page 532, art. 5). Cette condition a été remplie;

2° Pendant le levage seul, la vitesse d'élévation de la charge devait être de 0,80 par seconde (page 531, art. 1er).

Primitivement, pour les grues hydrauliques et à vapeur, ce chiffre avait été fixé à 1 *m*, mais nous avons reconnu que pour la manutention des bennes de charbon, cette vitesse donnait lieu à à de fréquentes avaries; aussi une modification a été apportée aux premières grues à vapeur pour la réduire à 0,80. C'est ce chiffre qui a été imposé pour les premiers essais, et nous l'avons même ré-

duit à 0,70 pour les essais du moteur spécial, ayant constaté que cette dernière vitesse était suffisante pour arriver à ce que la grue assure largement le service, c'est-à-dire qu'elle ne fasse pas attendre les ouvriers chargés de remplir les bennes dans la cale.

Tenant compte du temps pris pour l'accrochage et le renversement de la benne, les engins peuvent faire quarante-cinq opérations par heure quand les ouvriers arrivent à remplir ce nombre de bennes.

Pour vérifier la vitesse de levage, la charge est levée avec toute la rapidité possible, sans que l'on fasse agir le mécanisme d'orientation; la course est mesurée directement et le temps compté depuis que le mouvement commence jusqu'à ce qu'il cesse.

On obtient donc ainsi une vitesse moyenne.

Description de la ligne électrique provisoire.

Pendant les essais comparatifs, les dynamos devaient fonctionner les unes après les autres et donner lieu à un débit de 60 ampères au maximum et seulement la moitié de ce chiffre en moyenne. Il suffisait donc de donner aux fils de cuivre de la ligne, qui étaient nus, une section de 20 mm^2.

La ligne était formée d'un fil d'aller et d'un fil de retour supportés par des isolateurs en porcelaine à double cloche fixés eux-mêmes sur des poteaux télégraphiques.

On s'était arrêté à la solution provisoire d'une ligne aérienne, pour éviter les frais, les difficultés et les retards qu'aurait présentés l'exécution d'une ligne souterraine comportant de nombreuses prises de courant, au-dessous du pavage, dans un sol très humide et avec une tension pouvant atteindre 600 volts.

Des expériences seront faites incessamment sur un système de prises souterraines de courant dont l'étude est achevée.

Résultats des essais comparatifs.

Ces résultats sont de deux genres :

1° Ceux relatifs au fonctionnement mécanique et électrique de la grue;

2° Ceux numériques relevés pendant les essais.

1° Fonctionnement mécanique et électrique de la grue.

Dynamo en série. — La manœuvre des charges n'est pas brusque.

Le moteur est souple, démarre facilement, même en charge, c'est-à-dire lorsque la benne est suspendue au crochet, s'arrête vite.

Le rhéostat permet de faire varier la vitesse de levage à volonté; son commutateur ne donne que des étincelles peu importantes.

Lorsque le moteur démarre brusquement mais sans charge, l'à-coup d'intensité ne dépasse guère 60 ampères et n'atteint 100 ampères que dans les démarrages très rapides, en charge.

Pour diminuer l'à-coup d'intensité, sans donner de brusquerie sensible, il est bon d'imprimer d'abord une faible vitesse au moteur avant d'embrayer le levage.

Lorsqu'au contraire on embraye le mouvement de levage en même temps ou avant de fermer le circuit, il se produit un à-coup d'intensité qui est d'autant plus fort que la charge est plus lourde.

Le moteur peut démarrer avec une charge de 2 500 *kg*.

Avant de fermer le circuit de la ligne, il faut avoir grand soin de mettre le rhéostat sur les grandes résistances, afin d'éviter un à-coup d'intensité qui pourrait être dangereux.

Dynamo en dérivation. — La manœuvre des charges est brusque, la chaîne de levage se raidit trop vite. Le moteur manque de souplesse, il ne démarre pas en charge. Les essais ont montré qu'il faut laisser tourner continuellement l'induit et embrayer pendant sa marche. C'est ce qui rend les mouvements brusques et d'amplitude difficile à régler.

L'induit de la dynamo forme volant, et une fois lancé, il permet de vaincre les résistances passagères sans donner lieu à des à-coups d'intensité sensibles. C'est pourquoi la reprise en charge d'un colis pesant 2 500 *kg* peut se faire sans que l'intensité dépasse 80 ampères, mais non sans que l'engin soit violemment ébranlé ni sans que le mécanisme subisse des efforts considérables.

Les constatations numériques montreront que la machine emmagasine du travail pendant la marche à blanc et qu'elle le restitue au moment du levage de la charge.

Le rhéostat ne permet de faire varier la vitesse que de 0,30 *m* à 0,60 *m*, ce qui est insuffisant.

Le moteur est très fort et a supporté les essais sans chauffer ni dans la partie électrique, ni dans les frottements mécaniques.

Si la vitesse de levage obtenue est insuffisante, cela ne provient pas de la faiblesse de la machine, mais bien de la transmission qui a été calculée, d'après une fausse indication, pour un induit faisant 800 tours alors qu'il n'en doit faire que 700 en régime, sous une tension de 550 volts.

Le commutateur à quatre phases donne d'assez fortes étincelles.

Il est dangereux, comme pour les dynamos en série, de fermer le circuit sur la ligne si le commutateur se trouve sur la phase de marche.

Dynamo compound (se rapprochant du moteur en série). — La disposition du commutateur du rhéostat avec interrupteur de mise en marche séparé, complique la manœuvre et donne trop d'étincelles pour que le conducteur de l'engin puisse arrêter complètement le moteur à chaque opération.

La dynamo peut démarrer en charge, en soulevant un poids de 2 500 *kg* sans à-coups d'intensité dépassant 100 ampères.

La machine a chauffé pendant les essais, et les étincelles qui se produisaient dans le commutateur ont parfois gêné.

Ne pouvant arrêter à chaque opération, bien que le rhéostat permette de diminuer très notablement la vitesse, il n'en faut pas moins embrayer sur un induit en marche. Aussi, les mouvements n'ont-ils pas toute la douceur qu'on obtient avec les dynamos en série ; le moteur jouit cependant de tous les autres avantages de démarrage en charge et de variation de vitesse à volonté.

Dynamo compound (se rapprochant du moteur en dérivation). — Ainsi que nous l'avons dit, pour éviter des à-coups d'intensité dangereux, on est obligé de maintenir constante, l'excitation dans la partie de l'inducteur garnie d'enroulement en fil fin et de faire tourner l'induit sans arrêt.

On est donc conduit à embrayer les mouvements sur une machine en marche à allure rapide. Aussi le fonctionnement est-il très brusque.

Comme pour la dynamo compound, genre en série, et plus encore que pour elle, parce que le rhéostat ne permet pas de faire varier à volonté la vitesse de l'induit, cet organe forme volant.

Les essais ont montré que le nombre de tours de l'induit a fort peu varié, surtout lorsque la dérivation de l'inducteur en fil fin

est montée en tension sur le rhéostat ; dans ces conditions on a constaté, pendant la marche à blanc :

Pour le maximum de résistance	804 tours
Pour le minimum de résistance	825 —

En prenant la dérivation du circuit d'induction en fil fin avant le rhéostat, on obtenait une plus grande variation de vitesse, soit

Pour le maximum de résistance	756 tours
Pour le minimum de résistance	816 —

Ces chiffres montrent bien que, même dans les conditions les plus favorables, le rhéostat ne permet pas de faire varier sensiblement la vitesse, bien qu'il chauffe, et que, malgré l'introduction des grandes résistances dans le circuit, la vitesse est encore assez forte pour que les embrayages soient mécaniquement très brusques, même sans qu'il se produise d'à-coups d'intensité.

2° Résultats numériques constatés pendant les essais.

En dehors des lectures faites au compteur de l'usine, des appareils de mesure étaient placés aux bornes de la réceptrice. Ce sont les divers chiffres relevés sur ces appareils qui sont reproduits sur le tableau des constatations aux essais

Observations. (Tableau page 544.) — 1° Les chiffres relevés pendant les essais peuvent varier d'un appareil à l'autre et aussi sur le même appareil suivant le degré de serrage des coussinets des paliers, suivant le graissage ou la température. C'est surtout la main de l'ouvrier, chargé de conduire l'engin, qui peut causer les plus fortes perturbations dans les constatations.

Les plus grands soins ont été apportés pour éviter ces chances d'erreur. C'est toujours le même conducteur qui a été chargé de manœuvrer le même mécanisme. Malgré cela, il ne faut pas chercher à tirer de conclusions des différences peu importantes ou des légères contradictions que peuvent présenter les chiffres des essais ; il faut les considérer dans leur ensemble.

Les chiffres portés au tableau ne sont eux-mêmes que des moyennes de ceux relevés la plupart du temps pour 20 opérations.

2° La vitesse de levage en charge, qui devait être de 0,80, n'a été atteinte pour aucune installation. Ce sont les machines mon-

Constatations aux essais comparatifs.

DÉSIGNATION			GENRE DE LA DYNAMO			
			Série	Dérivation	Compound (série)	Compound (dérivation)
Fonctionnement à blanc.		Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue. . .	305	205	241	272
		Volts à la génératrice	560	557	501	550
		Volts à la réceptrice.	515	548	495	528
		Ampères	12,5	3,6	6,75	8,7
Orientation.	Benne vide.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue. . .	»	206	»	268
		Volts à la génératrice	560	560	560	555
		Volts à la réceptrice.	515	543	531,6	530
		Ampères	16	6,7	12,3	10,10
	Benne pleine.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue. . .	»	206	»	245
		Volts à la génératrice	598,3	562	560	545
		Volts à la réceptrice.	546	542	530	517
		Ampères	20	8	13,5	11
Levage.	Benne vide.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue. . .	182	197	218	252
		Durée pour une élévation de 9 *m*.	15″	14″	13″	10″71
		Vitesse d'élévation du fardeau. .	0,60	0,65	0,72	0,84
		Volts à la génératrice	560	552	560	548
		Volts à la réceptrice.	480	526,6	500	518
		Ampères	31,5	11,4	24	16
	Benne pleine.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue. . .	167	185	161	219
		Durée pour une élévation de 9 *m*.	16″25	14″8	16″7	12″5
		Vitesse d'élévation du fardeau. .	0,55	0,61	0,53	0,72
		Volts à la génératrice	560	552	550	550
		Volts à la réceptrice.	432	485,8	457,5	450
		Ampères	51,75	26,4	47,5	33
Levage et orientation simultanés.	Benne vide.	Volts à la génératrice	600	550	560	550
		Volts à la réceptrice.	515	519	475	510
		Ampères	34	15	29	16,5
	Benne pleine.	Volts à la génératrice	600	550	560	550
		Volts à la réceptrice.	455	475	435	462
		Ampères	58	34	50	33
Perte de tension sur la ligne, par ampère débité.			2,5	2,5	2,5	2,5
Consommation en H.W. h. constatée à l'usine. .			102	74,3	120	93,1

tées en série qui ont le moins bien résolu la question en s'éloignant davantage du chiffre requis.

3° Il a été constaté que la perte, par la ligne électrique, était de 2,5 volts par ampère débité. Si les chiffres portés au tableau, surtout ceux relatifs aux faibles débits, sont parfois en désaccord avec cette remarque, il faut attribuer cette irrégularité à la difficulté que l'on rencontre à lire avec exactitude et simultanément des appareils dont les indications sont aussi mobiles que celles du voltmètre et de l'ampèremètre.

Des constatations faites pendant les essais on déduit les résultats numériques portées au tableau suivant.

Observations. (Tableau page 546.) — 1° Les chiffres inscrits dans la partie A du tableau, résultant de la lecture des indications simultanées du voltmètre et de l'ampèremètre, ils indiquent le nombre de watts aux bornes de la réceptrice au moment de chaque constatation.

2° Les chiffres portés dans la partie B expriment en watts le travail électrique absorbé par chaque fonction de l'engin considérée isolément. Ces chiffres sont déduits de ceux correspondants de la partie A desquels on a retranché l'énergie absorbée par l'engin pendant qu'il fonctionne à blanc.

3° Les chiffres de la partie C expriment en watts le travail électrique utile pour soulever la charge avec la vitesse constatée aux essais.

4° Les chiffres de la partie D du tableau sont relatifs aux mêmes fonctions que ceux de la partie B, mais ils sont exprimés en chevaux-vapeur. Ce sont donc les mêmes divisés par $75 \times g$ ou 736.

Les résultats numériques qui viennent d'être indiqués permettent d'évaluer les divers rendements au moment des opérations de levage et d'orientation. (Tableau page 549.)

Rendement de la ligne — Il a été constaté que la perte due à la ligne était de 2,5 volts par ampère ; le rendement en sera donc à un moment où la réceptrice absorbe A ampères sous V volts de tension, à la génératrice :

$$\text{Rendement} = \frac{V - 2{,}5\,A}{V}.$$

Résultats numériques déduits des essais comparatifs.

DÉSIGNATION		GENRE DE LA DYNAMO			
		Série	Dérivation	Compound (série)	Compound (dérivation)
A Travail consommé en watts aux bornes de la dynamo par seconde.	Fonctionnement à blanc	6 437	1 973	3 341	4 594
	Orientation, benne vide.	8 240	3 638	6 539	5 353
	— benne pleine. . . .	10 920	4 336	7 155	5 687
	Levage, benne vide	15 120	6 003	12 000	8 288
	— benne pleine	22 356	12 825	21 731	14 850
	Levage et orientation simultanés { Benne vide .	17 510	7 785	13 775	8 415
	Levage et orientation simultanés { Benne pleine	26 390	16 150	21 750	17 556
B Travail consommé en watts, mesuré aux bornes de la dynamo, par seconde.	Par la dynamo et sa transmission.	6 437	1 973	3 341	4 594
	Par le mécanisme d'orientation, benne vide	1 803	1 665	3 198	759
	Par le mécanisme d'orientation, benne pleine	4 483	2 363	3 818	1 093
	Par le mécanisme de levage, benne vide	8 683	4 030	8 659	3 684
	Par le mécanisme de levage, benne pleine	15 919	10 852	18 391	10 256
	Levage et orientation simultanés { Benne vide .	11 073	5 812	10 434	3 821
	Levage et orientation simultanés { Benne pleine	19 953	14 177	18 409	12 962
C Travail utile en watts.	Pour lever la benne vide en une seconde $v \times 250 \times 9{,}81$	1 472	1 594	1 766	2 060
	Pour lever la benne pleine en une seconde $v \times 1\,500 \times 9{,}81$ . . .	8 093	8 976	7 799	10 595
D Force en chevaux-vapeur.	Fonctionnement à blanc	8,74	2,68	4,54	6,24
	Orientation, benne vide.	11,19	4,94	8,88	1,03
	— benne pleine. . . .	14,83	5,89	9,72	1,48
	Levage, benne vide	20,54	8,16	16,30	5,01
	— benne pleine	30,37	17,43	29,53	13,93
	Levage et orientation simultanés { Benne vide .	15,04	7,89	14,18	5,19
	Levage et orientation simultanés { Benne pleine	27,11	19,27	25,01	17,61

Pour avoir le rendement moyen de la ligne pendant une opération totale de déchargement, il convient de faire intervenir le rendement afférent à chaque opération élémentaire séparée, proportionnellement à sa durée par rapport à la durée de l'opération totale qui est de 90 secondes.

Les essais ont montré qu'on a, en moyenne, les durées suivantes :

DÉSIGNATION DE L'OPÉRATION	DURÉE D'UNE OPÉRATION ÉLÉMENTAIRE pour une dynamo	
	En série arrêtée à chaque opération	En dérivation marchant continuellement
Levage et orientation simultanés, benne pleine	18″	15″
Orientation seule, benne pleine	3	3
Levage et orientation simultanés, benne vide	15	12
Orientation seule, benne vide	4	5
Marche à blanc et amenage	»	55
Arrêt et amenage	50	»
Durée de l'opération totale	90″	90″

Le rendement moyen de la ligne paraît supérieur pour les machines en dérivation ; cela tient à l'intervention, dans ce cas, pendant cinquante-cinq secondes, du rendement correspondant à la marche à blanc, qui est très élevé, puisque le débit est faible.

Tandis que pour la dynamo en série le débit est grand pour les diverses opérations élémentaires; le rendement de la ligne est donc faible pour chacune d'elles, et, par suite aussi, pour l'opération totale.

Rendement du mécanisme de levage depuis les frictions. — Ce rendement est le rapport du travail utile pendant le levage de la benne vide ou de la benne pleine au travail dépensé pendant ces opérations, mesuré aux bornes de la réceptrice, déduction faite du travail nécessaire pour la faire tourner à blanc ainsi que l'arbre premier moteur.

Il y a lieu de remarquer que ce rendement est plus grand pour les machines tournant continuellement, et qu'il l'est d'autant plus que la variation de la vitesse obtenue par le rhéostat est plus faible.

Pour la dynamo compound, genre en dérivation, ce rendement dépasse 100 0/0.

Cette anomalie résulte de l'intervention de la masse de l'induit qui fait volant et dont la vitesse s'accélère pendant la marche à blanc, pour diminuer pendant le levage. Par conséquent, le travail nécessaire pour lever la charge est fourni à la fois par la force électrique et par la puissance vive emmagasinée dans l'induit.

Comme on n'a fait intervenir, dans le calcul, que l'énergie électrique dépensée, on comprend pourquoi ce chiffre peut dépasser 100 0/0 et pourquoi les valeurs du rendement des opérations partielles ne sont pas exactes pour les machines en dérivation ou à induit constamment en marche.

Rendement de la grue depuis les bornes de la réceptrice. — C'est le rapport du travail utile au travail électrique dépensé pendant les opérations du levage, mesuré aux bornes de la réceptrice.

Les raisons données ci-dessus faussent ce rendement pour les moteurs à induit tournant continuellement, tandis qu'il est effectif pour les machines en série, pour lesquelles il tient compte du travail nécessaire pour mettre l'induit en mouvement.

Rendement final par rapport au travail développé aux bornes de la génératrice. — Dans le rendement final, relatif à une opération complète, on fait intervenir le travail électrique dépensé pour accélérer la vitesse de l'induit, aussi bien que le travail mécanique restitué par lui lorsque sa vitesse diminue pendant le levage de la charge.

Les chiffres qui résultent des lectures faites au compteur de l'usine ne sont donc pas influencés par les variations de vitesse de l'induit, même pour les moteurs en dérivation, et ils expriment, avec exactitude, le rapport entre le travail effectivement ou utilement fait et celui dépensé à la génératrice.

L'examen de l'ensemble du tableau montre que, si pour chaque opération élémentaire, les moteurs en dérivation ont un rendement supérieur à celui correspondant des moteurs en série, l'écart est bien moins sensible quand on considère le rendement final.

En effet, pour faire tourner à blanc, pendant cinquante-cinq secondes, une dynamo en dérivation la dépense d'énergie est plus grande que celle nécessaire pour donner à l'induit, d'une dynamo en série, sa vitesse de régime. Il en résulte, pour l'ensemble d'une opération, une compensation, en faveur de ces derniers moteurs, qui tend à égaliser les rendements.

Rendements pendant les essais comparatifs.

DÉSIGNATION	GENRE DE LA DYNAMO			
	Série	Dérivation	Compound (série)	Compound (dérivation)
Rendement de la ligne :				
Pendant fonctionnement à blanc	90,44	98,38	96,48	96,37
Orientation, benne vide	92,85	96,96	94,55	95,49
— benne pleine	91,64	96,44	94,01	94,86
Levage, benne vide	85,94	95,39	89,28	94,53
— benne pleine	76,89	88,00	78,42	81,81
Levage et orientation simultanés, benne vide .	85,83	94,81	87,05	92,72
— — benne pleine.	75,83	84,55	77,67	84,00
Rendement moyen de la ligne pendant le levage et l'orientation simultanés	82,47	95,46	91,90	93,72
Rendement du mécanisme de levage depuis les frictions pour la benne. vide . .	16,95	39,55	20,39	55,95
pleine .	50,83	82,71	42,40	103,30
Rendement de la grue depuis les bornes de la réceptrice pour le levage de la benne . . . . . vide . .	9,73	26,55	14,71	24,86
pleine .	36,20	69,99	35,88	71,34
Rendement final par rapport au travail développé aux bornes de la génératrice. Pour lever les bennes vides de 250 *kg* et pleines de 1 500 *kg* . . .	16,83	23,37	14,31	18,44
Pour lever la charge utile de 1 250 *kg*	12,02	16,50	10,22	13,17

Conclusions déduites des essais comparatifs.

Il résulte des constatations faites pendant les essais :

1° *Pour les dynamos montées en série et munies d'un rhéostat bien disposé :*

Que ces machines présentent seules la souplesse et la douceur de mouvement voulues pour être substituées avec avantage aux machines à vapeur dans les grues de quai.

Que les facilités de mise en marche, d'arrêt et de variation de vitesse sont sensiblement les mêmes pour les deux genres de moteurs, que tous deux et surtout celui électrique sont susceptibles de s'emballer.

2° *Pour les dynamos en dérivation :*

Qu'elles ne présentent ni la souplesse ni la douceur de mouvement voulues pour remplir dans les grues le même rôle que les moteurs à vapeur.

Que les à-coups d'intensité qui se produisent au moment de la mise en marche, et les étincelles aux arrêts, obligent à les laisser tourner continuellement.

Que la variation de vitesse par le rhéostat est peu étendue, mais que les emballements ne sont pas à craindre.

Que les dynamos en dérivation produisent des efforts considérables au moment des embrayages, par suite de la puissance vive emmagasinée dans leur induit, c'est-à-dire qu'à ce moment ces dynamos ne donnent pas d'à-coup d'intensité, mais qu'elles sont brusques et donnent un à-coup de force lors de chaque embrayage.

3° *Que les dynamos compound* se rapprochent de l'un ou l'autre des types précédents sans en avoir complètement les avantages, et que, par contre, elles en ont tous les défauts.

4° *Que la dépense d'énergie*, pour produire le même travail effectif, est d'environ 40 0/0 plus forte avec les dynamos en série qu'avec celles en dérivation.

EXAMEN DES CONCLUSIONS

Des conclusions que nous venons d'exposer, il résulte, qu'au point de vue du fonctionnement, la substitution de l'électricité à la vapeur, pour actionner les grues de quai, est possible surtout avec les dynamos en série.

Mais il faut considérer aussi la question au point de vue très important de l'exploitation.

La substitution projetée n'augmenterait-elle pas les frais d'exploitation, les chances d'accident et celles de chômage pour l'entretien ou la réparation ?

Nous examinerons plus loin les questions d'économie et de sécurité ; disons de suite que les chances de chômage sont plus à redouter pour les grues électriques, qui reçoivent leur puissance d'une génératrice commune par l'intermédiaire d'une canalisation unique, que pour les grues à vapeur dont les moteurs sont indépendants.

Le moindre accident survenu à l'un des éléments, génératrice ou canalisation électrique, arrêterait le fonctionnement de tous les engins, ce qui peut devenir très grave si le chomage se prolonge.

Tandis qu'avec la vapeur, une grue peut être arrêtée sans qu'elle empêche les autres de travailler. Il faut dire, par contre, que les accidents sont moins fréquents pour une machine unique bien surveillée que pour des machines isolées, d'une surveillance et d'un entretien qui laissent forcément à désirer.

Considérations économiques.

Les frais d'exploitation se composent de deux éléments principaux :

1° Les dépenses d'intérêt et d'amortissement ;
2° Les dépenses d'exploitation.

Considérons successivement ces deux éléments en rappelant que, dans le présent travail, nous n'établissons de comparaison qu'entre les engins à vapeur et ceux électriques.

1° Dépenses d'intérêt et d'amortissement.

Ces dépenses dépendent non seulement du capital de premier établissement, mais aussi de la durée des installations.

Dans le cas actuel, l'électricité étant achetée au compteur, il n'y a pas de capital engagé pour créer la génératrice ; les dépenses qui en seraient résultées sont implicitement comprises dans le prix d'achat de l'énergie.

Conclusions déduites des essais comparatifs.

Il résulte des constatations faites pendant les essais :

1° *Pour les dynamos montées en série et munies d'un rhéostat bien disposé :*

Que ces machines présentent seules la souplesse et la douceur de mouvement voulues pour être substituées avec avantage aux machines à vapeur dans les grues de quai.

Que les facilités de mise en marche, d'arrêt et de variation de vitesse sont sensiblement les mêmes pour les deux genres de moteurs, que tous deux et surtout celui électrique sont susceptibles de s'emballer.

2° *Pour les dynamos en dérivation :*

Qu'elles ne présentent ni la souplesse ni la douceur de mouvement voulues pour remplir dans les grues le même rôle que les moteurs à vapeur.

Que les à-coups d'intensité qui se produisent au moment de la mise en marche, et les étincelles aux arrêts, obligent à les laisser tourner continuellement.

Que la variation de vitesse par le rhéostat est peu étendue, mais que les emballements ne sont pas à craindre.

Que les dynamos en dérivation produisent des efforts considérables au moment des embrayages, par suite de la puissance vive emmagasinée dans leur induit, c'est-à-dire qu'à ce moment ces dynamos ne donnent pas d'à-coup d'intensité, mais qu'elles sont brusques et donnent un à-coup de force lors de chaque embrayage.

3° *Que les dynamos compound* se rapprochent de l'un ou l'autre des types précédents sans en avoir complètement les avantages, et que, par contre, elles en ont tous les défauts.

4° *Que la dépense d'énergie,* pour produire le même travail effectif, est d'environ 40 0/0 plus forte avec les dynamos en série qu'avec celles en dérivation.

EXAMEN DES CONCLUSIONS

Des conclusions que nous venons d'exposer, il résulte, qu'au point de vue du fonctionnement, la substitution de l'électricité à la vapeur, pour actionner les grues de quai, est possible surtout avec les dynamos en série.

Mais il faut considérer aussi la question au point de vue très important de l'exploitation.

La substitution projetée n'augmenterait-elle pas les frais d'exploitation, les chances d'accident et celles de chômage pour l'entretien ou la réparation ?

Nous examinerons plus loin les questions d'économie et de sécurité ; disons de suite que les chances de chômage sont plus à redouter pour les grues électriques, qui reçoivent leur puissance d'une génératrice commune par l'intermédiaire d'une canalisation unique, que pour les grues à vapeur dont les moteurs sont indépendants.

Le moindre accident survenu à l'un des éléments, génératrice ou canalisation électrique, arrêterait le fonctionnement de tous les engins, ce qui peut devenir très grave si le chomage se prolonge.

Tandis qu'avec la vapeur, une grue peut être arrêtée sans qu'elle empêche les autres de travailler. Il faut dire, par contre, que les accidents sont moins fréquents pour une machine unique bien surveillée que pour des machines isolées, d'une surveillance et d'un entretien qui laissent forcément à désirer.

Considérations économiques.

Les frais d'exploitation se composent de deux éléments principaux :

1° Les dépenses d'intérêt et d'amortissement ;
2° Les dépenses d'exploitation.

Considérons successivement ces deux éléments en rappelant que, dans le présent travail, nous n'établissons de comparaison qu'entre les engins à vapeur et ceux électriques.

1° Dépenses d'intérêt et d'amortissement.

Ces dépenses dépendent non seulement du capital de premier établissement, mais aussi de la durée des installations.

Dans le cas actuel, l'électricité étant achetée au compteur, il n'y a pas de capital engagé pour créer la génératrice ; les dépenses qui en seraient résultées sont implicitement comprises dans le prix d'achat de l'énergie.

Les moteurs électriques étant plus coûteux que ceux à vapeur et les grues étant exactement les mêmes dans toutes les autres parties, il en résulte que le capital engagé sera plus grand avec les engins électriques.

Jusqu'à ce que l'exploitation ait fourni des indications précises sur la durée des appareils électriques, il est prudent d'admettre qu'elle sera moindre que pour ceux à vapeur. Les dépenses d'intérêt et d'amortissement seront donc plus grandes pour les grues électriques puisqu'elles coûtent davantage et que, par suite de leur plus faible durée, le taux d'amortissement doit être plus élevé.

Une évaluation, que la pratique seule permettra de vérifier, nous a conduit à fixer l'augmentation à 3 *f* par jour et par grue.

Pendant l'exercice 1894, chaque grue à vapeur du quai Colbert a fonctionné en moyenne pendant 114 jours et donné lieu à une dépense d'intérêt et d'amortissement de 17,12 *f* par journée de location ; comme il est peu probable que la substitution de l'électricité à la vapeur fasse accroître le nombre de jours d'utilisation annuelle, il faut donc compter sur une dépense journalière de $17{,}12\,f + 3 = 20{,}12\,f$.

2° Dépenses d'exploitation.

Pendant l'exercice 1894 l'exploitation des 5 grues à vapeur du quai Colbert a donné, par journée de fonctionnement, d'une durée moyenne de 9 heures, et par grue, les chiffres suivants qui diffèrent d'ailleurs fort peu de ceux constatés en 1893, année pendant laquelle le nombre moyen de journées de location des engins avait été seulement de 104 au lieu de 114.

Force motrice et allumage (charbon, eau douce) . . .	9,77 *f*
Salaires. Allumage, approche et conduite de l'engin.	6,60
Salaires pour approvisionnement de charbon et d'eau, entretien, nettoyage et réparations courantes. .	8,66
Entretien des chaînes. Pièces à remplacer, chiffons, huiles, etc.	4,44
Frais généraux de direction et d'exploitation et assurance du personnel.	8,62
Total des frais d'exploitation.	38,09 *f*
Intérêts et amortissement.	17,12
Prix de revient d'une journée.	55,21 *f*

Le prix de location des engins du quai Colbert est de 50 *f* par jour ; mais, en tenant compte des plus-values pour travail de nuit et des recettes accessoires, le prix de location a été sensiblement égal au prix de revient.

Pour que l'emploi de l'électricité devienne avantageux, il faut que l'ensemble des dépenses constituant les frais d'exploitation soit diminué.

La substitution projetée n'aura aucune influence sur les frais généraux et accroîtra plutôt les dépenses pour les pièces à remplacer. Mais il est très probable qu'il sera possible de réaliser une notable économie sur les salaires en supprimant les frais d'allumage ainsi que ceux d'approvisionnement d'eau et de charbon.

En admettant que ces derniers frais soient réduits de un tiers et que les salaires pour l'approche et la conduite de l'engin soient réduits à 5,25 *f*, il resterait pour amortir la canalisation électrique et acheter l'énergie nécessaire une somme,

Qui provient :

De la suppression de la dépense de charbon et d'eau douce		9,77 *f*
De la diminution du salaire pour l'allumage de l'engin et la conduite	6,60 — 5,25 =	1,35
De l'économie probable sur les frais de main-d'œuvre pour l'approvisionnement du charbon et d'eau des engins.	$\frac{8,66}{3}$ =	2,88
TOTAL.		14 » *f*

Si on déduit de ce chiffre la somme de 3 *f* représentant, par journée de location, la valeur présumée de l'augmentation des dépenses d'intérêt et d'amortissement, il reste une somme de 11 *f* par jour pour les frais de force motrice.

Or, parmi les machines essayées, une seule se serait rapprochée de ce chiffre, mais, comme c'est une dynamo en dérivation, il semble résulter finalement de cette étude, qu'il n'y a pas lieu de remplacer la vapeur par l'électricité pour la manœuvre des grues de quai, puisque les moteurs qui satisfont aux conditions de fonctionnement donnent lieu à des dépenses d'exploitation trop grandes et que ceux qui sont assez économiques ont un fonctionnement défectueux.

Mais, les premiers essais étant purement comparatifs, nous n'a-

vions pas apporté une grande attention à l'économie de force motrice.

Ils avaient pour but de rechercher la machine remplissant le mieux les conditions du programme, sans trop se préoccuper du rendement.

Il fallait avant tout s'assurer que la substitution était possible et voir dans quelles conditions, sans faire de trop grandes dépenses.

Ces premiers essais ayant donné des résultats favorables et indiqué la voie à suivre, leur but était atteint; il restait à faire de nouvelles recherches pour s'assurer des conditions économiques de l'exploitation.

Il fallait serrer le problème de plus près.

De nouveaux essais furent décidés et un concours au second degré institué entre les premiers constructeurs qui voulurent bien s'occuper encore de la question.

Conditions de sécurité.

Nous avons dit plus haut qu'à la suite des essais, deux questions restaient à examiner; nous venons d'étudier celle relative aux conditions économiques; voyons maintenant celle, non moins importante, relative à la sécurité.

Les organes étant les mêmes pour les grues électriques que pour celles à vapeur, la sécurité est à peu près égale pour les deux natures d'engins. Cependant, ayant constaté que dans les transmissions de force par l'électricité, il fallait s'attendre, en tous temps, à des interruptions brusques de courant, dues à l'emploi de coupe-circuits, de déclenchements automatiques et d'autres appareils de sûreté, d'un usage obligatoire, il y avait lieu de prévoir les conséquences de ce fait qui ne présente rien d'anormal.

La cessation brusque du courant pendant le levage d'une charge, retire au moteur toute sa force d'action. Sa vitesse se ralentit d'abord pour s'annuler en très peu de temps. Si, à ce moment, le conducteur de l'engin n'a pas soin de faire agir son frein d'amenage, le moteur obéissant à la charge tourne en sens inverse avec une vitesse croissante, et un accident grave peut se produire.

Par l'interposition d'un frein automatique de dévirage, on évite ce danger et on rétablit l'égalité entre les deux natures d'engins.

Le danger que nous venons de signaler est plus apparent que

réel, parce que les conducteurs d'engins font agir leur frein d'amenage, instinctivement, dès que leur moteur s'arrête pour une cause quelconque, volontaire ou non.

Un autre danger très réel réside dans la puissance presque illimitée des moteurs électriques en série, auxquels nous n'avons jamais tenté de résister jusqu'au bout, sans avoir, au préalable, interposé de fortes résistances dans le circuit.

En effet, si le crochet de la grue est frappé sur un point fixe ou s'il rencontre dans sa course un obstacle imprévu, le moteur se ralentit rapidement, sa résistance électrique intérieure diminue. Par suite, l'intensité et la force développée par le moteur croissent jusqu'à une limite que nous n'avons pas cherché à déterminer au cours des expériences.

Nous avons obtenu facilement le soulèvement lent de charges dépassant 3 200 *kg*.

Si l'on poussait l'expérience plus loin, l'une des éventualités suivantes se produirait et y mettrait fin.

La grue se renverserait autour de deux de ses points d'appui ;

Ou un des organes de la grue casserait ;

Ou encore un coupe-circuit ou bien un autre interrupteur automatique romprait le courant.

Cette propriété des moteurs en série est surtout dangereuse lorsque, dans le cours d'une opération de levage, la charge vient à s'engager sous les hiloires d'un panneau ; à ce moment c'est le navire entier qui agit sur le crochet; on voit quelles seraient alors les conséquences d'un moment d'inattention du conducteur.

Les grues à vapeur ont aussi cet inconvénient, mais il est limité au chiffre qui résulte de la pression de la vapeur dans la chaudière.

Il faudrait caler les soupapes pour dépasser la limite connue pour laquelle l'engin est lesté et calculé.

Ce sont les grues hydrauliques qui présentent le plus de sécurité en ce qui concerne la limitation de leur force de levage.

Un premier limiteur de force à friction métallique fut installé sur les grues à vapeur, mais son action variait dans de telles proportions qu'il était impossible de le régler.

Un deuxième système de limiteur de force du genre Mégy fut étudié et installé. Le frottement avait lieu *cuir sur fonte ;* le réglage était possible, mais après quelques heures d'arrêt les conditions d'adhérence changeaient, le limiteur ne fonctionnait plus dans

les limites voulues, à beaucoup près. Puis, s'il venait à fonctionner, il s'échauffait d'un degré par tour et se déréglait rapidement.

Pour maintenir plus constant le point de fonctionnement du limiteur, le frottement cuir sur fonte à sec fut remplacé par un autre, *cuivre sur fonte*, dans un bain d'huile.

L'appareil réglé pour permettre de soulever une charge de 2 200 *kg* placée à l'extrémité du crochet, devait refuser de soulever une charge de 2 500 *kg*.

Ce résultat fut obtenu pendant les essais, après des périodes de repos de durée très différente.

Pour reprendre le mouvement de levage, il faut commencer par arrêter le moteur. Cela tient à ce que, dès que le glissement a commencé, il se continue avec une force très faible.

L'échauffement du frein, pendant qu'il fonctionne, est très faible.

Actuellement, la grue électrique est munie d'un limiteur magnétique dont l'étude n'est pas assez avancée pour que nous puissions en parler définitivement.

On peut dire que les conditions de sécurité des grues électriques seraient égales à celles des grues à vapeur si l'on interposait, sur le mécanisme de levage, un limiteur de force dont on vérifierait le fonctionnement de temps en temps

III

CONCOURS AU DEUXIÈME DEGRÉ ET ESSAIS DÉFINITIFS

Programme.

Aussitôt les essais comparatifs terminés et leurs résultats étudiés, bien qu'aucune des machines essayées n'ait entièrement satisfait au programme, la Chambre de Commerce du Havre décida qu'un nouvel effort serait tenté, et elle autorisa la continuation des essais sur un ou deux moteurs qui, cette fois, seraient étudiés et construits spécialement en vue des engins en service sur le quai Colbert. Ce ou ces moteurs devaient rester sa propriété à la suite des essais, sous la condition qu'ils rempliraient le même programme que celui exposé plus haut. La vitesse seule de levage en charge devait être réduite à 0,70 *m* au lieu de 0,80 *m*.

Nous hésitions encore entre la dynamo en dérivation qui nous permettait de réduire assez la dépense d'énergie, pour que les frais d'exploitation ne soient pas plus élevés avec l'électricité qu'avec la vapeur, et la dynamo en série dont la souplesse et l'asservissement étaient en tous points comparables à ceux des moteurs à vapeur.

Nous espérions atténuer la brusquerie des démarrages du moteur en dérivation, en réduisant sa vitesse pendant la marche à blanc, et aussi sa dépense inutile d'énergie pendant cette période, sans être obligé toutefois de l'arrêter complètement après chaque opération.

D'un autre côté, nous pensions qu'il serait facile d'augmenter le rendement mécanique du moteur en série essayé, en évitant la double modification de la vitesse que l'on commençait par réduire pour l'augmenter ensuite.

Le fonctionnement des deux genres de dynamos était défini dans le programme par les deux hypothèses :

Première hypothèse.

(Dynamo en dérivation.)

La dynamo fonctionnera avec une vitesse faible à blanc et pourra marcher ainsi pendant un quart d'heure sans danger pour aucun organe et sans que rien ne chauffe dans les parties électriques.

Un interrupteur spécial permettra de mettre la machine en marche et de l'arrêter sans qu'il se produise d'étincelles persistantes. Un rhéostat assurera la variation de vitesse, sans qu'il chauffe et sans que son commutateur produise d'étincelles.

Cette variation de vitesse sera comprise entre la vitesse normale et le cinquième de cette vitesse.

DEUXIÈME HYPOTHÈSE.

(Dynamo en série.)

La dynamo sera arrêtée après chaque opération; elle aura une vitesse variable à volonté par le rhéostat; mais, même à blanc, cette vitesse ne dépassera pas N tours et s'abaissera à N′ tours en charge. Les commutateurs ne devront pas produire d'étincelles persistantes. La dynamo pourra démarrer avec une charge de 1 500 *kg* suspendue au crochet en partant d'une vitesse nulle, sans que l'intensité dépasse 100 ampères pendant un très court espace de temps (1 à 2 secondes).

Dans les deux hypothèses, la condition de limitation de la puissance était abandonnée.

Examen des projets.

Quatre projets furent déposés; examinons-les successivement:

1° *Dynamo genre tramway avec inducteur monté en série.* — Le moteur présenté était semblable au premier type essayé, mais un peu plus fort que lui.

Avec cette machine, nous savions donc d'avance que nous nous rapprocherions du programme, pour le fonctionnement, mais que le rendement serait faible; nous compromettions l'avenir, par suite de l'augmentation de la dépense de force motrice qui viendrait grever trop lourdement les frais d'exploitation.

Néanmoins, la rusticité du moteur et son bon fonctionnement arrêtèrent tout spécialement notre attention.

2° et 3° *Deux dynamos de type courant en série.* — La vitesse de l'induit de la première variait de 650 tours en charge à 900 tours à blanc, et, pour la seconde, de 520 à 800.

Pour ces deux machines, ainsi que pour la précédente, il fallait donc établir un relais entre l'arbre de la dynamo et l'arbre premier moteur de la grue, c'est-à-dire, employer une transmission par

engrenages, analogue à celle dont on s'était servi pendant les premiers essais *(fig. 2 et 3, Pl. 136)*.

4° *Dynamo spéciale en série.* — Enfin MM. Hillairet-Huguet consentirent à étudier une dynamo spéciale assez lente pour qu'il soit possible de l'atteler directement sur l'arbre premier moteur de la grue *(fig. 6 et 7, Pl. 136)*.

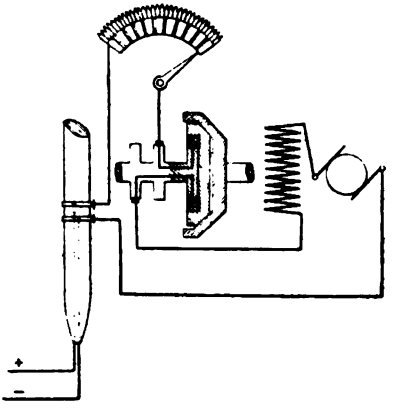
Cette solution, que nous n'avions pu obtenir jusque-là, nous paraissait la plus favorable, tant pour la simplicité de l'installation que pour l'économie de force motrice, puisqu'en supprimant un relais d'engrenages, elle diminuait les frottements.

Elle devait aussi écarter les ennuis qui résultent de l'emploi des moteurs à allure très rapide, installés loin de toute surveillance effective, et confiés à des mains peu au courant des soins qu'exigent de pareilles conditions de marche.

L'induit devait faire 320 tours en charge et ce nombre pouvait être porté à 350 tours pendant la marche à blanc. La machine a été calculée pour une tension de 500 volts aux bornes, mais cette tension peut varier de 400 à 550 volts.

L'impossibilité d'obtenir un moteur plus lent, faisant par exemple 240 tours comme l'arbre premier moteur, sans trop en altérer le rendement, ou en augmenter les dimensions, a conduit à accroître le rapport de la transmission, entre l'arbre premier moteur et le tambour de levage, de la quantité voulue pour que, la vitesse de levage restant de 0,70, le nombre de tours de l'arbre soit porté à 320 par minute.

Dynamo spéciale en série
avec limiteur magnétique.



Les figures 6 et 7 *(Pl. 136)* représentent l'installation de la dynamo en série telle qu'elle a été effectuée. Le courant pénètre dans la grue par deux conducteurs isolés placés dans un trou pratiqué dans l'axe du pivot qui est fixe.

A hauteur du parquet de la guérite de la grue, se trouvent deux collecteurs circulaires fixés sur le pivot et isolés tous les deux; chacun est relié avec l'un des câbles de la ligne.

Deux frotteurs montés sur la partie tournante de la grue, viennent récolter le courant et le transmettre aux appareils électriques montés en série.

Le courant passe dans le rhéostat, puis dans le limiteur magnétique, pour se rendre ensuite dans l'induit. Le diagramme de l'installation est de la forme indiquée ci-dessus.

Essais de la dynamo lente en série.

La mise en marche et l'arrêt de la dynamo se font à volonté, sans produire d'étincelles persistantes; le plus souvent même sans en produire du tout.

Au départ, il y a un à-coup d'intensité de 60 à 70 ampères qui dépasse rarement 100 ampères; il est d'autant plus fort que le conducteur manœuvre le rhéostat avec plus de rapidité.

Le mouvement de levage s'embraye sans brusquerie, et en même temps que le courant est admis dans le moteur.

La faculté d'interrompre le courant pendant presque la moitié du temps, au lieu de le maintenir sur les fortes résistances, évite leur échauffement qui est pratiquement insensible.

L'échauffement des pièces mécaniques et des parties électriques de la dynamo, pendant son fonctionnement, ne présente rien d'anormal.

Depuis plus d'un mois que l'installation fonctionne en moyenne deux à trois jours par semaine, aucun accident, ni même aucun incident ne s'est produit, et la dépense d'énergie n'a pas augmenté, au contraire.

Le seul reproche que l'on puisse faire au moteur installé est son manque de vitesse, qu'il faut attribuer à ce que la tension était inférieure à 500 volts, aux bornes de la réceptrice, pendant les essais.

Or, même avec le voltage actuel, il est certain qu'une légère modification de l'induit permettra d'obtenir le nombre de tours voulu, sans pour cela augmenter la dépense au delà du chiffre prévu. Des études sont d'ailleurs poursuivies dans ce sens.

Une première série d'expériences fut faite le 7 février dernier; les chiffres relevés sont donnés dans les tableaux, pages 562, 563 et 564. Pour ces premiers essais, on n'apporta aucune modification à la transmission, placée entre le tambour d'enroulement de la chaîne de levage et l'arbre premier moteur, qui avait servi aux essais comparatifs. Le rapport de cette transmission étant de 6,25, il eût suffi d'obtenir 212 tours à la dynamo pour que la charge ait la vitesse requise.

Les chiffres relevés montrent que cette vitesse n'a pas été tout à fait atteinte.

Bien que l'allure de la dynamo fût de 204 tours, soit de un tiers plus lente que les prévisions, le fonctionnement était très satisfaisant et la dépense d'énergie encore acceptable.

Ce rapport de transmission a été changé deux fois afin de chercher expérimentalement le plus favorable. Des essais ont été faits à la suite de chacune de ces modifications.

La première fois, il fut porté de 6,25 à 10,23 et la seconde fois à 9,25 seulement.

Le premier changement devait avoir pour effet de permettre à la dynamo de prendre l'allure de 350 tours à la minute, afin d'obtenir la vitesse de 0,70 *m*, requise pour levage de la charge.

Les expériences faites avec le rapport de 10,23 ont montré que le nouveau régime du moteur était encore plus défectueux que le précédent, au point de vue de la vitesse de levage. Le rendement seul de l'appareil était très sensiblement augmenté.

Le deuxième changement devait permettre de réduire à 312 le nombre de tours de la dynamo, correspondant à la vitesse de levage requise. Les expériences faites avec le rapport de 9,25 montrent que la vitesse a été améliorée, bien qu'elle soit encore insuffisante; le rendement a encore été augmenté; mais ce résultat est plutôt dû à la suppression du frein de dévirage, qui, bien que très doux, n'en absorbe pas moins une certaine quantité d'énergie, qu'à l'amélioration produite dans les frottements de la grue, par suite de son fonctionnement entre le 12 février et le 5 avril, époques auxquelles les essais ont été faits.

Les expériences ont été faites d'après les mêmes principes que ceux exposés pages 537, pour les essais comparatifs, et les tableaux ont été dressés de la même façon que ceux qui donnent les constatations, résultats et rendements (pages 544 et suivantes).

Nous nous bornons à comparer les résultats obtenus pendant les divers essais qui sont résumés dans les tableaux suivants :

Constatations aux essais.

Dynamo lente en série.

DÉSIGNATION			RAPPORT DE LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DE LEVAGE 6,25	10,23	9,25
Fonctionnement à blanc		Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue	230	330	320
		Volts à la génératrice	480	535	520
		Volts à la réceptrice	470	520	510
		Ampères	7,70	7,70	5,50
Orientation.	Benne vide.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue	344	318	350
		Volts à la génératrice	480	535	540
		Volts à la réceptrice	462	515	525
		Ampères	11,70	10,50	7,70
	Benne pleine.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue	335	275	310
		Volts à la génératrice	480	535	540
		Volts à la réceptrice	456	507	524
		Ampères	14,40	14,40	8,30
Levage.	Benne vide.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue	288	349	391
		Durée pour une élévation de 9 *m*.	9″38	12″68	10″60
		Vitesse d'élévation du fardeau	0,96	0,71	0,87
		Volts à la génératrice	473	535	530
		Volts à la réceptrice	434	506	504
		Ampères	19,30	14,80	13,8
	Benne pleine.	Nombre de tours de l'arbre premier moteur de la grue	204	275	293
		Durée pour une élévation de 9 *m*.	13″24	16″07	14″
		Vitesse d'élévation du fardeau	0,68	0,56	0,65
		Volts à la génératrice	473	535	530
		Volts à la réceptrice	397	467	473
		Ampères	44,80	30,60	29,80
Levage et orientation simultanés.	Benne vide.	Volts à la génératrice	476	535	525
		Volts à la réceptrice	430	499	491
		Ampères	25	19	18
	Benne pleine.	Volts à la génératrice	476	535	525
		Volts à la réceptrice	380	467	458
		Ampères	50	36	35,50
Perte de tension sur la ligne, par ampère débité.			1,90	1,90	1,90
Consommation en H.W. h. constatée à l'usine			76	69,30	64

Résultats déduits des essais définitifs.

Dynamo lente en série.

DÉSIGNATION		RAPPORT DE LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DE LEVAGE 6,25	10,23	9,25
A Travail consommé en watts aux bornes de la dynamo par seconde.	Fonctionnement à blanc	3 619	4 004	2 805
	Orientation, benne vide	5 405	5 408	4 042
	— benne pleine	6 552	7 301	4 349
	Levage, benne vide	8 376	7 889	6 955
	— benne pleine	17 830	14 290	14 095
	Levage et orientation simultanés, Benne vide	10 750	9 081	8 838
	Levage et orientation simultanés, Benne pleine	19 000	16 812	16 259
B Travail consommé en watts, mesuré aux bornes de la dynamo, par seconde.	Par la dynamo et sa transmission	3 619	4 004	2 805
	Par le mécanisme d'orientation, benne vide	1 786	1 404	1 237
	Par le mécanisme d'orientation, benne pleine	2 933	3 297	1 544
	Par le mécanisme de levage, benne vide	4 757	3 885	4 150
	Par le mécanisme de levage, benne pleine	14 211	10 286	11 290
	Levage et orientation simultanés, Benne vide	7 131	5 077	6 033
	Levage et orientation simultanés, Benne pleine	15 381	12 808	13 454
C Travail utile en watts.	Pour lever la benne vide en une seconde $v \times 250 \times 9{,}81$	2 354	1 741	2 134
	Pour lever la benne pleine en une seconde $v \times 1\,500 \times 9{,}81$	10 006	8 240	9 565
D Force en chevaux-vapeur.	Fonctionnement à blanc	4,91	5,44	3,81
	Orientation, benne vide	2,43	1,91	5,49
	— benne pleine	3,95	4,48	5,91
	Levage, benne vide	6,45	5,28	9,45
	— benne pleine	19,28	13,98	19,15
	Levage et orientation simultanés, Benne vide	9,69	6,90	12,01
	Levage et orientation simultanés, Benne pleine	20,85	17,40	22,10

Rendements.

Dynamo lente en série.

DÉSIGNATION	RAPPORT DE LA TRANSMISSION DU MOUVEMENT DE LEVAGE		
	6,25	10,23	9,25
Rendement de la ligne :			
Pendant fonctionnement à blanc.	97,91	97,19	98,08
Orientation, benne vide	92,08	96,26	97,22
— benne pleine	94,91	94,76	97,04
Levage, benne vide	91,74	94,58	95,09
— benne pleine	83,93	87,29	89,24
Levage et orientation simultanés, benne vide. .	90,33	93,27	93,52
— — benne pleine.	79,83	87,28	87,24
Rendement moyen de la ligne pendant le levage et l'orientation simultanés	86,12	90,98	91,33
Rendement du mécanisme de levage depuis les frictions pour la benne. vide . .	49,48	44,81	51,42
pleine .	70,39	80,11	84,72
Rendement de la grue depuis les bornes de la réceptrice pour le levage de la benne . . . . . vide . .	28,10	22,07	30,68
pleine .	56,11	57,66	67,86
Rendement final par rapport au travail développé aux bornes de la génératrice. Pour lever les bennes vides de 250 *kg* et pleines de 1 500 *kg*. . .	22,58	24,77	29,12
Pour lever la charge utile de 1 250 *kg*	16,13	17,69	19,16

Comparaison des résultats obtenus avec la dynamo spéciale en série avec ceux obtenus lors des essais comparatifs.

	DÉSIGNATION DES DYNAMOS	CONSOMMATION en H. W. h. aux bornes de la génératrice	RENDEMENT TOTAL en charbon débarqué
Essais comparatifs.	Dynamo en série.	102,00	12,02
	Dynamo en dérivation	74,30	16,50
	Dynamo compound (genre en série) . . .	120,00	10,22
	Dynamo compound (genre en dérivation).	93,10	13,17
Essais définitifs.	Dynamo en série tournant lentement . .	76,00	16,13
	Dynamo en série tournant vite	69,30	17,69
	Dynamo en série, vitesse moyenne . . .	64,00	19,16

Les résultats des essais définitifs établissent bien que, grâce à son fonctionnement intermittent et à la suppression de la dépense d'énergie pendant les arrêts, la dynamo en série parvient à donner des rendements égaux, et même supérieurs, à ceux de la dynamo en dérivation.

Essais du rhéostat.

Le rhéostat est composé de 60 colonnes doubles, dont la résistance varie de 0 à 270 ohms; il est placé en haut de la guérite de la grue et n'est pas enfermé *(fig. 3 et 4, Pl. 136)*.

La dynamo commence à tourner très lentement à blanc, quand la résistance est tombée à 50 ohms; elle ne prend sa vitesse qu'au moment où la résistance est descendue à 30 ohms.

Le démarrage, avec la benne vide, a lieu pour une résistance du rhéostat de 20 ohms, et celui de la benne pleine, pour une résistance de 10 ohms.

Pendant l'opération de levage de la benne, vide ou pleine, à 9 *m* de hauteur, sans orientation, le rhéostat a permis de faire varier la vitesse à volonté et on a relevé les chiffres suivants :

Expériences du 16 février 1895.

Rapport de la transmission : 10,23. — Voltage à la génératrice : 510 volts environ. Le frein de dévirage est enlevé.

CHARGE	DÉSIGNATION	LEVAGE					
Benne vide, 250 kilogr.	Nombre de tours de la dynamo par minute. . .	83	108	157	191	290	354
	Voltage à la réceptrice. .	487	482	482	482	475	470
	Intensité en ampères. . .	13,50	14	13,50	14.50	15	15,50
	Vitesse de levage	0,17	0,22	0,32	0,39	0,59	0,72
Benne pleine, 1 500 kilogr.	Nombre de tours de la dynamo par minute. . .	59	103	142	206	270	280
	Voltage à la réceptrice. .	455	462	465	460	447	450
	Intensité en ampères . .	30	30,6	31	30	31,50	31,50
	Vitesse de levage	0,12	0,21	0,29	0,42	0,55	0,57

Les expériences établissent que, sans chauffer sensiblement, le rhéostat permet d'obtenir des variations de vitesse très étendues quel que soit le travail demandé au moteur.

On peut encore remarquer :

1° Que l'intensité du courant est sensiblement constante pour une même charge, surtout quand la vitesse est faible.

2° Que l'intensité du courant augmente proportionnellement à la charge.

On déduit de ces constatations qu'il est très désavantageux, pour la bonne utilisation de l'énergie dépensée, de réduire la vitesse à l'aide du rhéostat.

En effet, quand la vitesse diminue, le temps nécessaire pour lever une charge à une hauteur déterminée, augmente en rapport inverse et, par conséquent, la dépense qui est proportionnelle à la durée de l'opération augmente dans le même rapport qu'elle.

Variation de l'intensité avec la charge et la vitesse de levage.

Ces expériences ont été faites pour s'assurer que la dépense d'énergie est sensiblement proportionnelle à la charge levée et qu'elle augmente peu avec la vitesse de levage.

C'est le complément du tableau précédent.

Les chiffres relevés pendant les deux essais concordent à peu près. Les différences d'intensité constatées à chaque lecture pour les charges de 250 *kg* (benne vide) et de 1 500 *kg* (benne pleine) est de 2 ampères environ, à l'avantage des essais du 13 mars. Cette diminution de dépense doit provenir plutôt de la suppression du frein de dévirage que de l'amélioration du rendement du mécanisme, due au mois de fonctionnement, qui a séparé les deux essais, et pendant lequel les divers frottements ont pu s'améliorer légèremnet.

Expériences du 13 mars 1895.

Rapport de la transmission : 10,23. — Voltage à la génératrice : 540 à 540 volts. Le frein de dévirage est enlevé.

CHARGES	CHEMIN PARCOURU PAR SECONDE — VITESSE			VOLTS A LA RÉCEPTRICE — VITESSE			AMPÈRES — VITESSE		
	Petite	Moyenne	Grande	Petite	Moyenne	Grande	Petite	Moyenne	Grande
250	0,21	0,50	0,86	495	490	480	11,3	12,1	14,0
500	0,15	0,47	0,79	480	485	485	15,7	16,2	16,2
750	0,24	0,55	0,73	480	480	480	18,5	19,8	20,2
1 000	0,24	0,34	0,67	480	475	465	21,6	21,6	22,5
1 250	0,24	0,35	0,64	470	470	465	25,2	25,2	26,1
1 500	0,21	0,45	0,61	460	460	450	28,3	29,2	29,7
1 750	0,16	0,33	0,57	460	450	450	33,3	34,2	35,1
2 000	0,20	0,41	0,54	450	450	445	36,9	36,9	37,3
2 250	0,17	0,36	0,53	445	445	435	39,6	40,0	40,5

Comparaison des diagrammes d'intensité.

Nous reproduisons des diagrammes relevés à l'ampèremètre enregistreur, lors des premiers essais, sur la dynamo compound genre en dérivation, qu'on a dû laisser tourner continuellement pendant son fonctionnement *(fig. 8, Pl. 136)*, ainsi que ceux relevés sur la machine lente en série, lors des derniers essais *(fig. 9, Pl. 136)*.

L'étude comparative des courbes que nous donnons dans le même ordre, afin d'en faciliter la comparaison, fournit les indications suivantes :

Le travail perdu par les machines en dérivation, tournant d'une façon continue, a une grande importance par rapport au travail total dépensé.

Pendant les diverses opérations, la machine en série a seule donné des à-coups d'intensité sensibles.

Les seuls à-coups constatés pour la machine compound (courbes 11) se sont produits pendant le déchargement d'un navire et seulement vers la fin du travail, alors que, pendant la première partie du levage, il faut virer avec la lenteur voulue pour parer les obstacles. On remarque aussi, sur ces mêmes courbes 11, et pour les deux machines, une recrudescence de l'intensité qui se produit au moment où la charge arrive en haut du panneau et où commence le mouvement d'orientation.

Les à-coups d'intensité de la machine en série ont presque la même importance, 20 à 25 ampères de plus que pour produire le travail courant, qu'il s'agisse de faire marcher la dynamo à blanc ou de lever la benne vide ou pleine.

Ils sont dus, en effet, au démarrage de la dynamo qui présente la même masse à mettre en mouvement quel que soit le travail à produire.

L'importance des à-coups, et, par suite, l'amplitude du mouvement de l'aiguille de l'appareil enregistreur, dépend de la rapidité de manœuvre du levier du rhéostat, ainsi que cela a été vérifié pendant les essais, et ainsi qu'on le voit sur les courbes 6, pendant le relèvement desquelles on avait prescrit au conducteur de manœuvrer doucement le levier commandant le commutateur du rhéostat, pour le levage des bennes pleines.

La comparaison des courbes 8-9 d'une part et 10-11 de l'autre relevées pendant le déchargement d'un navire, montre que la dépense d'énergie est plus grande à la fin du déchargement qu'au commencement.

En effet, à mesure que le déchargement se poursuit, la hauteur de levage augmente ainsi que la durée des mouvements à laquelle la dépense est proportionnelle.

On remarque aussi que les opérations sont plus espacées et moins étendues dans le cours d'un déchargement que pendant les essais; il en résulte que la dépense d'énergie est beaucoup plus considérable pendant les essais que pendant un déchargement de navire.

La comparaison des aires, limitées par les courbes, donne la mesure de la dépense d'électricité, car la tension étant constante

à la génératrice, les ordonnées des courbes sont proportionnelles à l'intensité, et les abscisses au temps.

Sur les diagrammes relevés pendant les essais, les courbes relatives au levage de la benne pleine n'alternent avec celles de la benne vide que toutes les deux opérations, tandis que, pendant un déchargement de navire, l'alternance a lieu à chaque opération.

Conclusions.

Des divers essais faits sur l'application de l'électricité aux engins de levage et, jusqu'à ce qu'une longue pratique ait fait ressortir définitivement les avantages et les inconvénients de son emploi journalier, il résulte :

Que le fonctionnement de l'appareil en lui-même n'est pas modifié sensiblement ;

Que les frais d'exploitation sont plutôt moindres, si le nombre total d'engins est important ;

Que les sujétions et les dangers d'avoir des chaudières isolées sont évités ;

Que les dangers de gelée sont aussi évités ;

Que les engins sont plus faciles à déplacer le long des quais;

Que le temps perdu en allumages est supprimé.

Qu'en ce qui concerne le moteur :

La dynamo doit avoir son inducteur monté en série et son rhéostat muni d'un commutateur permettant de fermer le courant après chaque opération, et de faire varier la vitesse à volonté.

NOTE

SUR

L'ACCIDENT DU PAQUEBOT

LA GASCOGNE

PAR

M. J. GAUDRY

Je n'ai à m'occuper ici qu'au point de vue mécanique, de la traversée accidentée du paquebot *La Gascogne*, qui vient d'émotionner le public des deux mondes. On sait que le navire tenant très bien la mer par des tempêtes terribles, les passagers ont presque allégrement supporté leur long voyage, étant très bien pourvus et pleins de confiance dans un équipage et un commandement auxquels il a été rendu hommage avec acclamations à New-York comme au Havre.

L'accident ne méritait pas tant d'inquiétude, puisqu'il se résume à un piston cassé et, par suite, à une lenteur de marche dont il faut déduire soixante-onze heures de stoppage; mais il fournit des instructions utiles à recueillir en ce moment où toutes les marines transforment leur matériel.

Avant de relater les vraies circonstances de l'accident, il faut dire que *La Gascogne*, paquebot long de 160 mètres, à puissance motrice de 8 000 *ch* et à 2 étages de superstructure, a été construit en 1886 très remarquablement à la Compagnie des Forges et Chantiers. Il était arrivé à cette époque normale de réfection générale d'où résulte un navire à peu près neuf. On venait de transformer à Saint-Nazaire, en particulier le gréement et la machine, y compris le renouvellement des chaudières.

Le gréement primitif comportait quatre mâts, les deux premiers en tête portant vergues, du même type que sur *La Normandie* à l'inauguration de laquelle la Société des Ingénieurs à été invitée en son temps. Dans une communication qui a été faite à celle-ci, en 1892, il est dit que la tendance actuelle de la marine est de supprimer toute voilure et mâture sur les navires à grande vitesse; ne conservant plus que deux petits mâts pour signaux,

pavoisement et divers services de bord, parce que le navire va droit devant lui, non rarement plus vite que le vent, lequel d'ailleurs n'est pas toujours en direction utilisable ; dès lors l'antique gréement classique, si majestueux, est devenu plus que superflu.

Ainsi venait-il d'être fait sur *La Gascogne*, de même que sur *La Normandie*, qui sort pareillement d'être remise à neuf.

On dit, en ce moment, que l'accident de *La Gascogne* et autres navires restés en détresse par l'avarie de leur machine ou de leur hélice, ne donne pas raison à cette suppression de la voilure, et que celle-ci eût permis de continuer la route à la façon des voiliers.

En supposant que la forme permette l'assimilation, on démontre que pour un immense navire tel que *La Gascogne* il faudrait donner, même pour une faible vitesse, un très grand développement à ce qu'on nomme, à cette heure, une *voilure de sauvetage*.

Il y a de nombreux exemples de paquebots, très largement gréés, qui sont restés en complète détresse par l'avarie de leur machinerie motrice et qui ont dû être remorqués.

Le rigoureux hiver que nous venons de traverser a révélé, au moins pour de certains parages, un danger de la mâture peu signalé jusqu'ici. Un de nos journaux maritimes (*Le Yacht*, du 2 mars 1895) dit que dans la mer du Nord plusieurs navires ont disparu ou sont restés en détresse par suite des accumulations de verglas *chargeant les hauts*, et il donne le très curieux dessin du steamer norvégien *Erling*, arrivé à Christiania coulant presque bas d'eau sous le terrifiant blocage de glaces, soudant ensemble les mâts, les cordages, les voiles, les superstructures, depuis l'avant jusqu'à la passerelle de commandement. On dirait ces fantastiques stalactites et stalagmites de glace que nous venons de voir à nos fontaines publiques de Paris.

De pareils phénomènes ne sont pas rares dans l'Atlantique, vers les parages de Terre-Neuve, et des navires dont les superstructures n'avaient rien d'exagéré, ont été mis ainsi en grand péril ; sans qu'on puisse jeter à l'eau, comme jadis, la mâture devenue un danger, par quelques coups de hache sur des mâts en bois et des cordages de chanvre. Aujourd'hui le tout est en fer et l'abatage *de salut* serait un long travail de burinage. Si *La Gascogne*, en sa laborieuse traversée de février, avait été exposée à ce danger des glaces dans son primitif gréement de quatre mâts, stoppant désemparée de sa machine, dérivant et ne gouvernant pas en mer démontée, on peut se demander si elle aurait été retrouvée

Concluons donc que ni *La Gascogne* ni les autres nouveaux paquebots à mâture à peu près nulle, n'ont à regretter l'ancien gréement classique, dont ils n'auraient d'ailleurs à se servir que dans des cas qu'il faut espérer très rares.

La machine actuelle de *La Gascogne* a conservé son premier aspect extérieur. Mais dans le travail intérieur de la vapeur, la transformation est considérable.

Les figures ci-contre montrent la machine en son état primitif et avec sa transformation avant ou après l'accident.

Machine de la Gascogne

Fig.1. Primitive

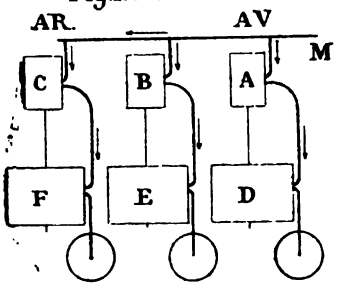


Fig.2. Avant accident

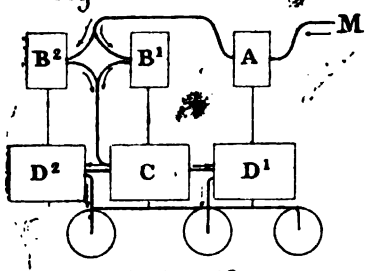
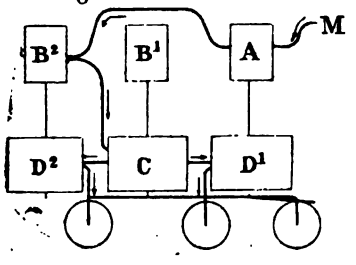


Fig. 3. Après accident



Primitivement, la machine était une triple Woolf *(fig. 1)* avec cylindres superposés *en tandem*, formant trois groupes distincts complets, à pareil travail, et respectivement isolables au besoin. La vapeur venant des chaudières à la pression de 6 *kg*, entrait en même temps dans les trois petits cylindres A, B, C, pendant une fraction de la course du piston; chacun d'eux émettait sa vapeur au grand cylindre en dessous, dit de basse pression; d'où elle allait ensuite au condenseur. Ce sont trois moteurs entièrement complets et semblables, actionnant le même arbre à manivelles coudées, non à angle droit, mais à 120°.

Bien que cette division ne soit pas la meilleure au cas où l'une des trois machines eût été découplée et isolée, on comprend qu'en cas d'avarie de l'une d'elles, ce qui restait intact laissait continuer la marche du navire assez normalement. La Société des Ingénieurs a eu, en 1873, la communication du steamer *Spain* qui a continué son service avec un seul de ses deux cylindres du pur type compound.

Dans la transformation de *La Gascogne*, conformément à la vogue qui s'impose actuellement, la machine a été mise, non à triple

expansion comme dans *La Bretagne* et *La Normandie*, mais à quadruple expansion sans changer la disposition générale ; en se bornant à fortifier les cylindres et pièces du mouvement, supportant une pression supérieure à la précédente.

En même temps, les chaudières primitives à pression de 6 *kg* et arrivées à fin de service après neuf années, ont été remplacées par de nouvelles chaudières de même type tubulaire et de même volume, mais à tôles plus fortes pour supporter une pression de 11 *kg*.

Il importe d'observer que ces chaudières neuves sont à tirage naturel par cheminées surélevées de 2 *m*. On sait qu'il y a réaction contre le tirage forcé, qui active assurément la production de vapeur, mais détruit rapidement les chaudières. Pour atteindre à peu près même activité dans les foyers par tirage naturel, certains nouveaux paquebots ont des cheminées monstrueuses.

La figure 2 montre commentla machine de *La Gascogne* a été transformée pour la quadruple expansion : la vapeur venant des chaudières par le conduit M entre directement dans le cylindre A, où, introduite pendant une fraction de la course, elle se détend ensuite en première expansion. Après son émission, elle est également distribuée dans les deux cylindres B^1 et B^2, où, dans un espace double, elle a sa seconde expansion. Ces deux petits cylindres déversent leur vapeur de sortie dans le grand cylindre C à volume double du B^1 et B^2 réunis ; c'est la troisième expansion. Enfin la vapeur émise de C se partage dans les deux autres grands cylindres D^1 et D^2 complétant la quatrième expansion, après laquelle elle va aux condenseurs. Deux pourraient suffire maintenant puisqu'il n'y a plus que deux cylindres à basse pression, mais celui qui complétait naturellement la primitive triple machine compound de la figure 1 a été conservé en cas d'avarie de l'un des deux autres, et les trois condenseurs sont réunis par un conduit commun.

La mise en triple ou en quadruple expansion d'une machine où les cylindres sont superposés en tandem, n'est pas particulier à *La Gascogne :* il y en a partout des exemples. Mais il convient d'observer qu'il y a plutôt tendance à mettre de niveau sur la même ligne, en croissance de section, les trois cylindres de la triple expansion ou les quatre cylindres de la quadruple expansion, tous les pistons actionnant le même arbre coudé trois et quatre fois.

La nécessité d'utiliser, aux moindres frais, la machine primi-

tive à bord de *La Gascogne*, a fait conserver la disposition des cylindres en tandem, conformément aux précédents qui semblaient acquis à la pratique.

La transformation de *La Gascogne* est encore trop nouvelle pour être jugée définitivement. On sait qu'un navire ne peut l'être que lorsque le temps et le service l'ont bien *mis au point*. *La Gascogne*, et ses trois sœurs des chantiers, *La Bourgogne*, *La Bretagne* et *La Champagne* en sont un exemple. Notre collègue, M. Pérignon, nous a dit en séance qu'au bout d'un an de travail, ces paquebots avaient remarquablement dépassé leur programme et les résultats de leurs premiers temps de service.

Ce qu'on peut actuellement dire de *La Gascogne* transformée est que l'essai a été satisfaisant, et il avait été poussé à outrance. Le premier voyage du 31 décembre-13 janvier avait également satisfait, au point de vue de la vitesse, des consommations et de la rondeur de marche.

Le dernier voyage du 9-31 mars vient pareillement d'être effectué en bonnes conditions, malgré une très mauvaise mer.

Quant à la traversée accidentée du mois de février, les trois premiers jours avaient fourni la vitesse moyenne de 17,66 nœuds par 7000 *ch* indiqués, à l'allure de 62 tours à la minute, ce qui ne forçait assurément pas la machine puisqu'elle est à la cote de 8000 *ch*.

Au matin du troisième jour, un choc se fit entendre dans le grand cylindre du milieu (celui de la troisième expansion). On l'ouvrit : le piston en fonte était cassé suivant son diamètre, en deux morceaux séparés. Rien n'a expliqué l'événement, pas d'emportement d'hélice, pas de présence d'eau ayant pu déterminer un *coup d'eau*, pas de corps étranger retrouvé; la pression de vapeur n'atteignait pas 6 *kg* à l'introduction sur ce piston.

Pour continuer le voyage, la machine fut alors réglée comme l'indique la figure 3, la vapeur venant des chaudières entre au petit cylindre A. Le cylindre B^1 a sa tuyauterie supprimée et reste sans servir. La vapeur entre en B^2 seulement, théoriquement en même pression qu'en A puisque les volumes sont les mêmes; mais en fait, avec une sensible diminution de pression constatée à l'indicateur, à cause du passage dans la tuyauterie qui a une grande longueur et un gros diamètre. Le cylindre B^2 déverse sa vapeur au grand cylindre du milieu C privé de son piston cassé, et n'est plus qu'un réservoir, d'où la vapeur se partage entre les deux autres grands cylindres D^1 et D^2. L'évacuation a lieu ensuite aux condenseurs.

Après un pénible travail de dix-sept heures pour isoler le petit et le grand cylindre du milieu et enlever la bielle motrice qui leur correspond, la machine étant réduite aux deux groupes de cylindres arrière et avant, on reprit la marche à l'allure de quarante tours d'hélice donnant une vitesse de 11 nœuds par une puissance motrice de 2 200 *ch*, ainsi qu'il résulte des diagrammes.

Pendant une journée on alla assez bien; mais la mer ayant grossi, on ressentit gravement l'inégalité du travail moteur, qu'on n'avait pas pu éviter, entre les deux groupes de cylindres: sur celui d'arrière, il fut reconnu environ double de l'autre.

Le 3 février commença une terrible tempête de six jours, avec affolement d'hélice et chauffage considérable de la bielle arrière, dont il fallut changer les coussinets. L'arbre si inégalement actionné se mit aussi à chauffer et à gripper dans ses tourillons.

Ces accidents de chauffage étaient moins graves que la cassure du piston; mais par cette mer démontée qui agitait le navire, ce fut un pénible et dangereux travail pour les mécaniciens, jetés les uns sur les autres avec leurs outils, ou obligés de se cramponner. Il y eut des interruptions; il a fallu tout le courage et l'abnégation des ouvriers, l'énergie et le tact du mécanicien en chef et du commandant; et on ne s'étonne pas que le travail ait voulu quarante heures de stoppage.

Enfin, on a repris la marche, en douceur par prudence, à l'allure de trente tours d'hélice développant 900 *ch* de puissance pour une vitesse de 8 nœuds; et on est bien arrivé à New-York, non sans quelques courts stoppages pour visiter et régler le serrage des coussinets, et en traversant sans danger des glaces qui, un instant, menacèrent de former embâcle où, pour comble de misère, le navire eût été peut-être emprisonné.

A New-York, on a changé le piston cassé, visité et remis tout en état normal. Après neuf jours d'escale on est très bien revenu au Havre, avec 135 passagers et 16 000 colis, en réduisant, par prudence, l'allure à 56 tours d'hélice au lieu de 62 à 65 tours de la marche normale. C'est seulement à la fin du voyage qu'on s'est laissé aller, et qu'on a eu la belle vitesse de 18 nœuds comme moyenne de la dernière journée.

Telle est l'histoire de l'événement qui a causé de si vives émotions. Elles s'expliquaient par le souvenir d'un grand désastre récent dans la marine allemande de même ligne, par ce qu'on savait de la tempête, des glaces et des grands froids, qui avaient

mis, sinon en péril, au moins en grand retard d'autres paquebots, mais surtout par l'absence de nouvelles.

Ce qui étonne est que sur un parcours aussi fréquenté, où douze Compagnies de paquebots, par semaine, se font concurrence, *La Gascogne* n'ait été vue par personne; car elle n'a pas dérivé hors de sa route à beaucoup près autant qu'on l'a dit.

L'accident de *La Gascogne* donne lieu à plusieurs enseignements :

D'abord le navire ayant très bien tenu la mer en circonstances si dangereuses, il en résulte évidemment qu'il constitue un bon type d'outil de navigation et une bonne unité de notre matériel naval. Il faut s'en féliciter non seulement au point de vue du commerce maritime, mais aussi à celui de la défense nationale puisqu'il s'agit d'un navire mobilisable en cas de guerre ; en un temps où il n'y a plus que des industries d'extermination internationale, il est très intéressant de savoir que nous pouvons compter sur un bon instrument.

Ce que *La Gascogne* a démontré en second lieu par son accident, c'est combien des réparations qui seraient élémentaires à l'atelier, sont pénibles et périlleuses à bord d'un navire qui roule. C'est par une violente tempête que *La Gascogne* a été battue pendant toute la durée des travaux. Les mécaniciens et leur chef ont assurément fait plus que leur devoir (1).

Comme de pareils travaux sont toujours à prévoir en mer, il est à regretter que les machines et chaudières soient, non rarement, en chambres si étroites, encombrées, mal outillées, à température d'étuve.

On a signalé en ces derniers temps de nombreux accidents de machines en toutes les marines, quoiqu'à l'étranger on se garde d'en parler. Comment se fait-il que les paquebots postaux, font campagne continue aux plus grandes vitesses pendant longues années, et que d'autres navires, œuvres de constructeurs dont le mérite et l'honnêteté sont hors de discussion, à des vitesses à peine égales ne réussissent pas même à faire leurs essais ? Il y en a de multiples causes, sur lesquelles la Société des Ingénieurs de France devrait porter ses discussions, car elle se fait écouter. Mais l'une des principales est assurément la souffrance du personnel empêché de donner à la machinerie les soins voulus. Une température ambiante de 40 à 45° s'appelle aujourd'hui *normale*. On l'a vu

(1) Le mécanicien en chef, M. Martin, vient de recevoir la croix de la légion d'honneur à cette occasion.

s'élever à 54 et 57 degrés, déterminant des congestions et tout au moins un grand trouble.

Quant à l'espacement et aux dégagements, l'intérieur du navire a assurément ses exigences; mais que peuvent être, en cas d'avaries, les travaux en certaines chambres de machines, quand on voit comme ont été pénibles ceux de *La Gascogne* où l'étude des localités n'a sans doute pas été négligée puisqu'on peut changer à bord les foyers des chaudières, suivant le système de MM. les Ingénieurs de la Compagnie Transatlantique, que M. Hart a relaté dans sa communication du 1er mars dernier?

On a vu, et c'est une troisième conclusion, que la machine de *La Gascogne* a été transformée en quadruple expansion avec pression initiale de 10 à 11 *kg* et non de 14 à 15 *kg* comme, encore récemment, on le disait nécessaire. Tant mieux, car même à 10 *kg* il est déjà difficile d'avoir des chaudières solides, sans fuites, sans écrasement de foyers, sans excès de chaleur dans les chaufferies et chambres de machines.

En outre, la communication précitée de M. Hart nous a rappelé que, s'il est nécessaire de donner aux tôles de grosses épaisseurs pour résister aux très hautes pressions, lorsquelles dépassent 0,015 *m*, elles sont très défavorables à la transmission du calorique.

L'accident de *La Gascogne* paraît être le premier de son espèce dans les nouvelles machines à expansions multiples, le premier du moins où, au lieu de rester en complète détresse, on ait voulu, après l'avarie, continuer le voyage avec les groupes intacts de la machinerie motrice. Il est donc particulièrement intéressant en ce qu'il met peut-être en question le principe même de la triple et quadruple expansion telle qu'on la réalise actuellement.

L'avantage économique et la rondeur de marche en état normal ne sont pas en discussion. On peut néanmoins se demander si la belle économie de 20 0/0 dans la consommation du combustible obtenu en *La Gascogne*, résulte bien de la transformation de la machine en quadruple expansion, et non pas seulement la simple élévation de la pression initiale de la vapeur portée de 6 à 11 *kg*, et qui aurait tout aussi bien fait fonctionner la machine primitive Wolf en trois groupes indépendants.

Cette élévation de pression était déjà une des lois de notre vieux constructeur Cavé il y a un demi-siècle; même sur les rivières aussi bien que dans les manufactures et en sa célèbre corvette *Le Chaptal*, il avait ses pressions de 7 *atm* (7,23 *kg* et 163°), alors que presque tous les autres constructeurs n'osaient appliquer que

les basses pressions à peine de 2 *atm*. Ne méconnaissons pas toutefois que les cylindres peuvent être très refroidis en fin de course par la détente de vapeur s'opérant en un même cylindre avec de sensibles abaissements de température.

Quoi qu'il en soit, ce qui caractérise les nouvelles machines à expansions multiples, en général, c'est qu'elles constituent un tout solidaire par le travail successif en tous les cylindres, du même volume de vapeur. Si bien équilibrés que soient les groupes se partageant la force motrice au dit état normal, on ne peut isoler un groupe sans créer ces inégalités de travail sur l'arbre coudé, dont *La Gascogne* a tant souffert en sa tempête. Or, si rares qu'ils soient, les avaries et dérèglements sont toujours aussi à prévoir que les gros temps qui les aggravent.

Ajoutons que ces inégalités de travail sont d'autant plus à redouter sur l'arbre coudé que ses manivelles sont parfois très écartées. Un des nouveaux paquebots à quadruple expansion par quatre cylindres alignés sur l'arbre à quatre coudes a ses manivelles extrêmes distantes de 9 *m* entre centre des tourillons de bielle.

L'ancienne machinerie marine était, en cas d'accident partiel, en meilleures conditions : les navires à roues propulsives avaient, sauf rares exceptions, leurs deux machines identiques de travail. Si *La Gascogne* n'a qu'une hélice propulsive, son moteur primitif était, on l'a vu, une triple machine à groupes complets et indépendants, pareillement de travail identique.

D'où il suit que les nouveaux appareils à expansions multiples ont besoin de compléter leur progrès, dans le but de pouvoir produire même indépendance et même possibilité d'isolement d'un ou plusieurs groupes en cas d'accident, avec de suffisantes conditions d'égalité de travail moteur et le moindre écartement des manivelles de l'arbre coudé. Le problème est assurément difficile et n'est pas qu'une simple question de tuyauterie.

Si enfin, on considère l'ensemble de l'outillage naval, il faut distinguer deux classes de navires à vapeur. Ceux qui arrivent à destination comme on veut et quand on peut, doivent naturellement avoir la machinerie la plus simple; il leur convient de posséder une voilure capable de suppléer au besoin la machine, sans omettre, en certains cas, les précautions contre les glaces qui viennent de mettre en péril le steamer norvégien précité.

Mais autre est le paquebot postal à grande vitesse, qui doit arriver presque à son heure réglementaire. Un jour viendra peut-

être où il pourra signaler à terre les accidents qui le laissent en détresse et attendre le remorqueur, comme le train de chemin de fer attend la locomotive de secours. On dit que l'électricité laisse espérer des signaux de cette sorte. Jusqu'à la réalisation de cet idéal, le navire postal ressemble en mer à un train de chemin de fer n'ayant ni freins d'arrêt en face d'une collision imminente, ni signaux pour avertir à terre, alors qu'il n'est pas plus en danger réel que n'a été heureusement *La Gascogne*.

Pour ces paquebots la mâture est plus qu'inutile ; la solution qui s'impose est le partage de la force propulsive et motrice entre plusieurs appareils distincts et indépendants, ce qui a permis à un des principaux paquebots étrangers d'arriver, sans trop de retard et de danger, après un accident de machine autrement grave que celui de *La Gascogne*.

SECOURS PUBLICS

EN FRANCE ET A L'ÉTRANGER

PAR

M. E. CACHEUX

Les secours publics peuvent se diviser en trois classes, savoir :

1° Les secours en cas d'accidents causés par l'eau ;

2° Les secours en cas d'accidents causés par le feu ;

3° Les secours aux personnes qui se trouvent mal ou qui sont blessées, soit sur la voie publique, soit dans les ateliers.

Lorsque j'ai commencé à m'occuper de la question des secours publics, j'ai reconnu immédiatement qu'elle présentait beaucoup de lacunes en France, et que pour les combler rapidement le travail d'un seul homme serait insuffisant, c'est pourquoi je me suis empressé d'avoir recours à mes camarades de l'École Centrale et je me hâte d'ajouter qu'ils ont répondu immédiatement à mon appel.

Notre Collègue M. Max de Nansouty a commencé, en 1888, la lutte contre les accidents causés par l'eau en nous faisant une conférence sur l'utilité du reboisement pour prévenir les inondations, et il a repris cette question aux congrès de sauvetage réunis à Nancy et à Saint-Malo. Ces communications ont attiré l'attention de M. le docteur Jeannel, créateur de la Société des Amis des arbres, qui voulut bien demander mon concours pour organiser à Paris un comité central destiné à propager cette institution. La Société, présidée aujourd'hui par M. Demontzey, administrateur des forêts en retraite, a créé une section qui s'occupe spécialement du reboisement de nos montagnes de façon à mettre la France à l'abri des inondations. Disons tout de suite que pour atteindre ce résultat il faudrait dépenser une somme de cent soixante millions, et que le gouvernement n'affecte à cette œuvre qu'un crédit annuel de deux à trois millions.

Pour donner une idée des travaux à exécuter dans nos montagnes, j'ai résumé à votre intention une communication de M. Rousseau, conservateur des forêts de l'Aude, qu'il a bien voulu m'adresser.

Pendant l'année 1891, des inondations terribles eurent lieu dans le département de l'Aude, et leurs effets auraient été bien plus destructeurs, si les crues des affluents de l'Aude avaient eu lieu en même temps. Dans beaucoup de nos départements, les inondations sont considérées plutôt comme un bien pour les campagnes que comme un mal, mais il n'en est pas de même dans les départements montagneux. Là, en effet, lorsque les eaux se retirent, elles laissent des dépôts considérables de cailloux roulés dont il est difficile de se débarrasser, le sol est rempli d'excavations et recouvert de sables stériles, d'arbres brisés et déracinés, de cadavres d'animaux et de débris de meubles. La force du courant entraîne des pièces de bois, qui abîment les arbres restés debout, renversent les murs de clôture et les maisons peu solides. Les chemins ruraux, les routes départementales sont endommagés, les voies ferrées sont mises hors de service et les travaux d'art subissent des dommages considérables. A la suite d'une inondation, les semences et les engrais sont perdus, les pépinières ravagées, la circulation est interrompue sur les routes, les chemins de fer et même les canaux. Ainsi à Trèbes, l'Orbiel s'est jeté dans le canal du Midi, a comblé de boue la cuvette et la navigation a été impossible pendant longtemps. L'interruption des communications télégraphiques et téléphoniques a été également fort longue.

Dans les villes, les dommages causés par l'eau sont immenses. A Limoursi, par exemple, il y eut en 1891 des maisons écroulées, des magasins enfoncés et envahis, des personnes noyées. Lorsque les eaux se retirèrent, les rues étaient recouvertes d'une boue gluante et d'épaves de toute nature, barriques, tonneaux vides ou pleins, marchandises de toutes sortes, poutres et poutrelles, arbres déracinés.

L'inondation de 1891 a causé deux faits bien curieux. Un tunnel, à l'entrée de Carcassonne, fut rempli d'eau de telle façon qu'un train rapide qui s'y était engagé eut ses feux éteints et resta en détresse pendant plusieurs heures. Sur un autre point de la ville, l'eau envahit l'usine à gaz, fit éclater les cornues et le gaz s'éteignit dans toute la ville au moment où la lumière aurait été le plus nécessaire.

Les pertes causées par l'inondation ont été évaluées de la façon suivante :

Pertes aux particuliers.	15 875 000 *f*
Dommages causés aux routes nationales. . .	73 000
— — chemins vicinaux . .	747 930
Dégâts causés aux lignes de chemins de fer, au canal du Midi	400 000
TOTAL	17 095 930 *f*

sans compter les dommages non évalués par des propriétaires qui ne demandèrent pas d'indemnités, ni les pertes causées par la mort et les maladies d'un grand nombre de personnes, ainsi que d'animaux domestiques.

Pendant l'inondation, beaucoup d'actes de dévouement ont été accomplis par des hommes dévoués qui, avec des moyens primitifs, sont allés recueillir des malheureux réfugiés sur des toits et même sur des arbres. On cite le cas de plusieurs barques qui ont chaviré en cherchant à effectuer des sauvetages, et les noms des sauveteurs ont été conservés.

Un de nos Collègues, M. Jouvet, a étudié un bateau à vapeur à fond plat qui pourrait servir en cas d'inondation à lutter contre le courant et à porter secours aux inondés. Malheureusement, la Société française de sauvetage, qui avait commandé cette étude, ne put trouver les fonds nécessaires pour construire ce bateau dont M. Jouvet lui fournit les plans.

En 1893, il y eut encore de fortes pluies et des dégâts considérables, mais ils furent bien moins importants qu'en 1891, quoique dans plusieurs bassins les pluviomètres aient accusé la chute d'une même quantité de pluie. Il faut en attribuer la cause aux travaux de reboisement qui ont été faits par les soins de l'administration forestière. Néanmoins, d'après M. Rousseau, il reste encore près de 200 000 *ha* de terres incultes dans l'Aude; par suite, nos forestiers sont loin d'avoir accompli ce qu'ils voudraient faire. Il en est de même dans une trentaine de nos départements. D'après un relevé officiel dressé en 1860, l'étendue totale des versants montagneux dont le reboisement serait avantageux pour le pays, s'élevait à cette époque à *1 134 000 ha*. Il résulte d'une enquête officielle faite de 1 884 à 1886 sur le territoire de 1 163 communes, que l'étendue des terrains à restaurer par l'État, pour cause d'utilité publique, est estimée à 320 000 *ha* en-

viron, la part des travaux à faire par les communes et les particuliers est donc de *814 000 ha*, comprenant 227 000 *ha* de pâturages en mauvais état, mais susceptibles d'être régénérés pour être rendus au parcours des troupeaux, et 587 000 *ha* que le reboisement seul peut sauver d'une ruine imminente et rendre productifs.

Les travaux à faire dans les Alpes françaises, les Cévennes et les Pyrénées concernent trente et un départements; mais il en est d'autres qui sont intéressés à leur exécution, ce sont ceux dont le territoire occupe les vallées inférieures des grands cours d'eau qui descendent des montagnes; ils ont tous un intérêt majeur à se voir mis à l'abri des inondations par la régularisation du régime des cours d'eau.

Ainsi, la suppression du charriage des matériaux amenés dans la Garonne ne tarderait pas à garantir le port de Bordeaux contre les ensablements.

La navigation du Rhône serait facilitée s'il ne recevait pas tant de dépôts de ses affluents; enfin, lorsque le régime des eaux sera établi, il sera facile d'irriguer des terres incultes, telles que les milliers d'hectares de la Crau.

Ajoutons que, depuis l'année 1886, des résultats importants ont été obtenus. L'État a restauré 68 000 *ha* sur les 320 000 *ha* qu'il est chargé de restaurer, il a fourni des subventions qui ont provoqué le reboisement de 44 000 *ha* par les communes et de 28 000 *ha* par les particuliers; il reste donc à reboiser *545 000 ha* par les soins de l'initiative privée.

On a donc créé des forêts d'une étendue de 140 000 *ha*, qui permettent de démontrer l'efficacité du reboisement, en comparant les côteaux dénudés à ceux qui ne le sont pas.

D'après M. Demontzey, il faudrait encore quarante ans à l'Administration des Forêts pour accomplir les travaux de reboisement qui incombent à l'État et qui coûteraient une somme de 160 millions de francs.

La même période serait nécessaire pour mettre à exécution les reboisements facultatifs et les améliorations à apporter dans les pâturages des hautes montagnes. La dépense totale de ces travaux peut être estimée à 66 millions, dont la moitié serait fournie par les subventions de l'État et des départements, ce qui réduirait à 33 millions les dépenses des communes et des particuliers.

3 millions serviraient à l'amélioration et à la régénération des

pâturages sur une étendue de *227 000 ha*, et 30 millions pour le reboisement de *545 000 ha*, ce qui ferait une dépense moyenne à l'hectare de 13 *f* pour les pâturages et de 60 *f* pour les reboisements.

La dépense relative aux travaux d'utilité publique serait de.	160 000 000 *f*
et celle qui concernerait les travaux facultatifs, de.	66 000 000
formant un total de	226 000 000 *f*

dont 33 000 000 *f* incomberaient aux propriétaires et 193 000 000 *f* à l'État.

Il serait urgent de terminer ces travaux le plus tôt possible, car les inondations se succèdent à des intervalles de plus en plus rapprochés et détruisent souvent les plantations. Les industriels ont un grand intérêt à se procurer du bois à bon compte et par suite à mettre en valeur les terrains qui restent à reboiser.

En France, malheureusement, le public n'est pas disposé à favoriser les efforts de l'État, il est loin de suivre l'exemple donné par les Américains qui consacrent un jour nommé : *Arbor Day*, à la plantation. Le jour des arbres est rangé parmi les fêtes légales; pendant sa durée les écoles sont fermées, ou du moins les élèves ne sont occupés qu'à la plantation d'arbres et d'arbustes. Pour favoriser les plantations l'État offre des primes, dont la valeur varie entre 50 et 250 francs, aux personnes qui plantent le plus d'arbres pendant l'*Arbor Day*. Ce jour-là, les billets à ordre ne sont pas payés et le porteur doit en réclamer la valeur le lendemain. Par suite de ces encouragements, on a planté en Amérique depuis l'année 1876 plus de 13 milliards d'arbres.

Malgré tous ses efforts, la Société des Amis des arbres n'est arrivée à faire planter en France, depuis sa création, que près de 600 000 arbres. Il faut espérer néanmoins que, grâce à l'impulsion qui lui est donnée par son président actuel, elle arrivera rapidement à des résultats plus importants, qui peuvent se résumer ainsi ;

Protection assurée à des centaines de hameaux dans la montagne et à nombre de villes et de villages dans les vallées, ainsi qu'aux cultures dont l'existence est menacée;

Restitution à l'agriculture des vastes étendues occupées par les cônes de déjections ;

Endiguement des rivières torrentielles, ayant pour conséquence, d'une part, la conquête d'une énorme étendue des terrains les plus précieux pour l'agriculture, et d'autre part, la régularisation des cours d'eau dans les plaines ;

Conservation et amélioration des bois existants, ainsi que création de forêts nouvelles ;

Sécurité assurée aux chemins de fer, routes et chemins de toutes catégories, sécurité qui intéresse au plus haut point la défense nationale ;

Maintien dans les montagnes d'une population agricole, rude au travail, qui menace d'émigrer à l'étranger en présence de la ruine des pâturages ;

Transformation indispensable dans l'économie agricole en concordance avec les progrès modernes, produits par la pénétration des chemins de fer et de la création d'usines de toutes sortes.

Ainsi qu'on le voit, la conférence de M. de Nansouty a élargi, singulièrement le champ d'action des sauveteurs sur le continent; quant au sauvetage en mer, il a été développé par la remarque suivante :

En 1889, je reçus parmi les documents destinés à être exposés dans la Section des Habitations ouvrières de l'Économie sociale, des plans de bateaux de pêche construits pour le compte de M. de Nayer, et destinés à être vendus par annuités. Après enquête, je reconnus que la pêche maritime subit actuellement une grande transformation et que la plupart des patrons qui n'emploient pas la vapeur végètent. A Dieppe, par exemple, il existe aujourd'hui quatorze bateaux de pêche à vapeur, et il n'en reste plus que quatre ou cinq à voiles que les patrons ne remplaceront pas lorsqu'ils seront hors de service. Les petits pêcheurs faisant une pêche très maigre dans les zones côtières, vont de plus en plus au large ; mais comme ils ne sont pas bien outillés et que, de plus, ils ne savent pas se diriger, une fois qu'ils ont perdu les côtes de vue, il arrive souvent qu'à la suite de tempêtes ils ne savent plus où ils sont et que beaucoup d'entre eux se perdent en mer. On rendrait donc service aux petits pêcheurs et on éviterait bien des sinistres, si on mettait à leur disposition des bateaux bien construits, pouvus d'un matériel de pêche perfectionné. Il est bien évident que du jour où les pêcheurs auraient des bateaux solides, ils résisteraient mieux aux coups de mer, et qu'à l'aide d'un matériel de pêche perfectionné ils augmenterait leurs bénéfices de façon à pouvoir vivre plus largement et s'assurer

contre la maladie, les accidents et la vieillesse. Cette thèse fut développée au Congrès de Saint-Malo par M. Paul Dubar, qui décrivit le meilleur système de bateaux à employer le long des côtes bretonnes; par M. Guillard, qui indiqua les zones poissonneuses du golfe de Gascogne, et enfin par M. C. Hamon, qui étudia la meilleure manière d'améliorer la situation des pêcheurs avec les ressources dont ils disposent.

A la suite de ces communications et des discussions auxquelles elles donnèrent lieu, le Congrès émit le vœu qu'il serait désirable de créer des écoles de pêche. Ce vœu fut transmis à la commune de Groix, qui offrit immédiatement un local pour faire les cours et pour loger le professeur disposé à s'en charger. D'un autre côté, M. V. Guillard, professeur d'hydrographie à Lorient, nous proposa de créer l'école de Groix et de la faire fonctionner pendant un an moyennant la somme de 3 500 *f*. Nous acceptâmes sa proposition et nous nous empressâmes de demander au ministre de la Marine une subvention. Le ministre de la Marine nous demanda, après enquête, d'enseigner aux marins non seulement à se diriger en mer, mais encore à connaître les atterrissages de la région dans laquelle les pêcheurs de la localité pratiquent plus spécialement la pêche, l'installation et la réparation du gréement des chaloupes de pêche et de leurs engins, les différents modes de conservation du poisson, la réglementation en matière de pêche et d'abordage, des notions pratiques d'hygiène, et les premiers soins à donner aux malades et aux blessés. Il est bien évident qu'un professeur unique ne pourra pas traiter d'une façon complète ces différentes parties du programme, mais il est assez facile de trouver dans chaque centre de pêche quelques hommes compétents pour faire un certain nombre de conférences, dont la rémunération au cachet n'exigerait qu'une faible dépense.

Il est évident que, dans plusieurs grandes villes, il sera aisé d'instruire, à l'aide de cours, les pêcheurs pendant les périodes de repos nécessaires pour transformer l'armement de leurs chaloupes en raison des divers genres de pêche auxquels ils doivent successivement se livrer; mais dans les petites communes, il faudra créer un établissement spécial. Ainsi, à Groix, M. Roché, inspecteur principal des pêches, qui depuis plusieurs années étudie la manière d'organiser un enseignement professionnel des pêches maritimes, est d'avis de créer une école et d'en confier la direction à M. Guillard. Cette proposition a été acceptée par la Chambre de Commerce du Morbihan qui veut bien prendre l'école

sous son patronage et surveiller les cours créés par le directeur de l'école pour se conformer aux intentions du ministre de la Marine. Plusieurs autres municipalités nous ayant demandé de les aider à créer des écoles de pêche, nous avons fondé la Société « L'Enseignement technique et professionnel des pêches maritimes », qui a pour objet de provoquer soit la création de cours, soit celle d'écoles de pêche maritime, partout où le besoin s'en fera sentir dans nos centres de pêche.

En Bretagne, il existe beaucoup de petits capitalistes qui fournissent des bateaux à des marins ; mais comme ils le font à des conditions très onéreuses, nous espérons bientôt pouvoir créer une Société philanthropique, qui pourra vendre de bons bateaux aux pêcheurs moyennant le paiement d'annuités calculées suivant un taux qui ne dépassera pas 4 0/0 l'an.

D'après l'estimation de M. Guillard, il serait facile d'extraire du golfe de Gascogne des poissons pour une valeur de 300 millions de francs et d'y employer une centaine de bateaux chalutiers à vapeur ; c'est pourquoi il serait utile d'examiner s'il ne vaudrait pas mieux chercher à employer nos marins dans ce golfe que de les envoyer en Islande ou à Terre-Neuve, régions où leur mortalité s'élève jusqu'à 17 0/00, sans compter les maladies qu'ils y contractent.

Secours en cas d'incendie.

Je n'ai pas obtenu beaucoup de documents nouveaux pendant le cours de mes voyages. Nos pompiers parisiens ne sont pas surpassés par n'importe quel corps européen et ils sont pourvus d'un matériel très perfectionné. Tous les nouveaux appareils destinés soit à sauver des personnes bloquées dans un bâtiment incendié, soit à combattre le feu, sont essayés par les soins des officiers du corps d'état-major des pompiers de Paris. Chaque expérience donne lieu à un procès-verbal qui, malheureusement, n'est pas communiqué au public, attendu que les pompiers sont organisés militairement et que toute appréciation de leur part engagerait la responsabilité du gouvernement. Il serait donc désirable de voir créer en France un bureau d'essais d'appareils à employer en cas d'incendie.

Les pompiers des diverses villes que j'ai visitées n'emploient pas le même matériel d'incendie que ceux de Paris. Le drap de sauvetage est usité très fréquemment en Belgique, en Hollande,

en Allemagne et en Autriche. Dans ces derniers pays, les échelles de sauvetage se composent le plus souvent d'un simple mât, traversé par des échelons. L'appareil de sauvetage qui sert à pénétrer dans les milieux asphyxiants est également plus simple que la blouse Paulin ; il se compose d'un casque muni devant les yeux d'une toile métallique. On fait pénétrer, au moyen de la pompe à incendie, de l'air entre la tête et le casque; l'air comprimé s'échappe par la toile métallique et empêche les gaz méphitiques d'incommoder les pompiers.

Les dispositions prises pour préserver la vie des habitants sont assez nombreuses. Une des plus originales est celle qui a été adoptée au théâtre flamand de Bruxelles.

Le bâtiment est isolé au milieu d'une place, les étages sont munis de balcons, dont la largeur est d'autant plus considérable qu'ils sont rapprochés du sol. Les balcons sont distants l'un de l'autre d'une distance de 2,60 *m* environ; par suite, la personne réfugiée sur un balcon peut facilement descendre sur celui qui est immédiatement en dessous. A cet effet, elle enjambe le balcon, se laisse pendre par les mains et n'a qu'à se laisser tomber d'une hauteur de 0,60 *m* pour descendre d'un étage.

La scène est séparée de la salle par un mur percé d'une ouverture qu'on peut fermer au moyen d'un rideau en fer. A l'aide d'un système de leviers on peut ouvrir d'un seul coup des châssis vitrés disposés sur le toit de facon à déterminer un appel d'air assez considérable pour empêcher la fumée de refluer dans la salle comme elle l'a fait pendant l'incendie de l'Opéra-Comique.

De chaque côté de la scène il y a des escaliers en pierre dont les cages sont munies de meurtrières par lesquelles les pompiers font passer les lances de leurs tuyaux et inondent la scène en quelques minutes.

Secours sur la voie publique et dans les ateliers.

Les secours sur la voie publique et dans les ateliers sont très bien organisés à Londres, à Vienne, à Berlin, à Budapest et dans quelques villes allemandes, par des Sociétés dues à l'initiative privée. La Société la plus importante est la Société anglaise intitulée la « S^{t} John Ambulance Association » ; elle a pour objet :

1° De former le plus grand nombre possible de personnes capables de donner les premiers soins avant l'arrivée du médecin aux

personnes qui se trouvent mal ou qui sont victimes d'un accident ;

2° De créer des corps d'ambulanciers qui organisent des ambulances volantes sur la voie publique lorsqu'il s'y trouve de grands rassemblements ;

3° De transporter les malades et les blessés d'un point quelconque du territoire anglais dans n'importe quel pays européen.

Pour atteindre son but, la Société a créé des cours à la suite desquels les auditeurs sont examinés. Lorsqu'ils justifient de connaissances suffisantes, on leur délivre des médailles qui leur donnent le droit de soigner un malade sur la voie publique et de requérir l'intervention d'un gardien de la paix. Les corps d'ambulanciers rendent de grands services. Le jour du mariage du duc d'York, ceux de la ville de Londres donnèrent des soins à 1 430 personnes.

Le service du transport des blessés et malades est parfaitement organisé.

Près de 300 000 personnes ont obtenu la médaille de Saint-Jean. Le nombre des personnes qui suivent les cours augmente chaque année. L'an dernier, il a dépassé 30 000.

Les dépenses relatives aux cours, qui sont gratuits, s'élèvent à près de . . . . . 140 000 *f*
Les recettes sont de. . . . . 130 000 *f*

Il y a donc un déficit de . . . . . 10 000 *f*

qui est couvert amplement par la vente d'objets de pansement (brochures, mouchoirs triangulaires, attelles, brancards, médicaments, etc.).

La Société vend tous les ans pour. . . . . 240 000 *f*
Les dépenses reviennent à. . . . . 170 000 *f*

Elle fait donc un bénéfice de. . . . . 70 000 *f*

qui sert à couvrir les dépenses relatives à l'enseignement, aux corps d'ambulanciers et au service du transport des blessés.

Les frais du service du transport des blessés s'élèvent à près de. . . . . 40 000 *f*
Les recettes à . . . . . 36 000 *f*

Par suite, le déficit de . . . . . 4 000 *f*
n'est pas bien important.

A Vienne, il existe une Société de sauveteurs volontaires qui a pour but de donner des secours en cas de submersion, en cas d'incendie et en cas d'accidents sur la voie publique.

Ces sauveteurs sont divisés en trois corps : le premier corps est composé de mariniers très exercés; le second corps, formé par 600 pompiers volontaires munis d'un matériel très perfectionné, peut rivaliser avec les pompiers de la ville; le troisième corps, formé par des médecins et des élèves en médecine et de sauveteurs qui ont suivi les cours, rend beaucoup de services.

La Société a créé un poste de secours au *Stubben Ring* desservi par dix médecins et pourvu d'un matériel considérable.

Trois voitures sont constamment attelées pour transporter très rapidement sur le lieu d'un accident un médecin avec les médicaments nécessaires pour faire un pansement provisoire, s'il y a lieu, avant de transporter le blessé soit chez lui, soit à l'hôpital.

Au début, le poste était desservi par des étudiants en médecine, sous la direction de médecins; mais à la suite d'actes d'indiscipline, les étudiants furent remerciés.

La Société a conclu des traités avec l'État pour transporter les blessés en temps de guerre, soit par voie de terre, soit par eau; elle s'est arrangée également avec les Compagnies de chemins de fer pour amener le plus complément possible son matériel sur le lieu d'un accident. En cas de catastrophe, elle a pris des dispositions pour envoyer rapidement son personnel et son matériel au secours des victimes.

Le budget annuel de la Société s'élève à près de 200 000 *f.* Le nombre des blessés secourus est de vingt-cinq par jour en moyenne.

A Budapest, il existe une Société analogue, mais le poste de secours est encore desservi par des étudiants qui remplissent très bien leur service.

En Allemagne, le célèbre chirurgien Esmarch créa des cours de Samaritains à l'instar de ceux de la *Saint-John Ambulance Association*. L'œuvre prit un rapide développement, et il n'existe pas de commune un peu importante où il n'y ait pas un cours d'organisé.

A Leipzig, il existe un poste de secours et des corps d'ambulanciers bien organisés.

Berlin vient d'être doté, par huit corporations, de quatre postes de secours très bien agencés, où les membres des Sociétés reçoivent les soins les plus empressés quand ils sont blessés.

On sait qu'en Allemagne les corporations sont tenues de soi-

gner les blessés après la treizième semaine. Elles s'aperçurent qu'il y avait un grand intérêt pour elles à s'occuper des victimes d'accidents immédiatement après l'accident produit, c'est pourquoi elles obtinrent du Parlement une loi qui les autorisa à le faire. Lorsque les ouvriers refusent les soins des médecins des corporations auxquelles ils appartiennent, ils sont très mal notés par les juges auxquels ils s'adressent en cas de litige avec les associations, et ils sont condamnés à recevoir le minimum d'indemnité à laquelle ils ont droit.

Les postes de secours de Berlin sont reliés par le téléphone avec tous les établissements dans lesquels travaillent les membres des corporations.

Beaucoup de corporations ont créé des dispensaires et des hôpitaux. On cite des hôpitaux qui ont coûté près d'un million de francs. Les corporations dépensent annuellement près de 4 millions de francs pour donner les premiers secours à leurs membres quand ils sont victimes d'accidents, et elles estiment qu'elles font une bonne affaire tout en leur épargnant beaucoup de souffrances et de grandes pertes d'argent.

En Suisse, en Danemark, et dans divers pays du Nord, l'œuvre des Samaritains se développe beaucoup.

En France, nous avons fait quelques progrès dans la branche des secours sur la voie publique, depuis ma dernière communication à la Société des Ingénieurs Civils de France. Un grand nombre de Sociétés de sauvetage font des cours à leurs membres pour leur permettre de porter utilement secours à un blessé. La Société française de sauvetage a créé une section de mariniers ambulanciers qui pourront, en cas de guerre, effectuer le transport des blessés par voie d'eau. La Société des secouristes a organisé des cours, relatifs aux premiers soins à donner aux blessés, dans tous les arrondissements de Paris. Les cours sont suivis par près de 1 200 personnes dont 300 environ passent avec succès l'examen de secouriste qui donne droit à la médaille de la Société et au brassard pourvu de la Croix Rouge. Les insignes des secouristes sont reconnus par la Préfecture de police.

La Société des secouristes, sous l'habile direction de MM. de Friedberg et Damico, a créé des sections d'ambulanciers dans divers arrondissements de Paris, qui ont pour mission de se trouver dans les foules pour porter les premiers soins aux victimes d'accidents.

La Société des ambulances urbaines de Bordeaux rend beau-

coup de services; elle a créé trois postes où les victimes d'accidents trouvent tous les secours médicaux nécessaires pour leur permettre d'attendre l'arrivée d'un médecin. La Société a organisé des cours de Samaritains analogues à ceux qui ont été créés par Esmarch; elle se charge également de l'installation d'ambulances volantes.

M. Funck-Brentano s'occupe depuis plusieurs années de l'organisation d'infirmiers. Il donne aux sections composées d'hommes rattachés aux Sociétés de la Croix Rouge, tout le matériel nécessaire pour installer des ambulances volantes.

La Société des ambulances urbaines créée à Paris par M. le Dr Nachtel, a cédé son matériel à la Ville de Paris. M. le Dr A.-J. Martin s'occupe en ce moment de la réorganisation du service. Il compte installer trois postes de secours; dont l'un central, qui sera relié par le téléphone aux deux autres postes situés, l'un sur la ligne droite de la Seine, et l'autre sur la rive gauche. Tout accident sera signalé au poste central qui enverra sur place, une voiture avec le personnel et tout le matériel nécessaire pour procéder à un premier pansement s'il y a lieu. L'administration fera son possible pour venir en aide, le plus promptement possible, à toutes les victimes d'accidents; mais, malgré ses efforts, il se passera toujours un certain temps entre le moment où l'accident se produira et celui où les secours médicaux arriveront : il y aurait donc avantage à propager, le plus possible, la marche à suivre avant l'arrivée du médecin lorsqu'un accident se produira; c'est pourquoi j'ai toujours mis cette intéressante question à l'ordre du jour des congrès de sauvetage que j'ai organisés.

Le premier rapport qui la concernait est dû à notre Collègue, M. de Baecker; il a eu beaucoup de succès, et c'est grâce à lui que les pompiers organisent, à l'occasion de leurs congrès annuels, des concours relatifs aux premiers soins à donner aux blessés.

Plusieurs de nos collègues ont installé des postes de secours dans leurs usines. Un des mieux organisés est celui qui est dû à M. Seguin, directeur de l'usine à gaz du Mans.

Notons également la Société des Industriels de France, créée par mon regretté maître E. Muller, et si habilement dirigée aujourd'hui par notre collègue M. Perissé, qui a pour objet principal la prévention des accidents dans les ateliers industriels, et qui a publié, à plusieurs milliers d'exemplaires, une brochure relative aux premiers soins à donner aux malades et aux blessés.

Les Compagnies de chemins de fer ont publié des instructions

spéciales relatives aux accidents qu'il serait trop long d'énumérer ici.

En résumé, la France a inauguré les services des secours publics à la fin du dernier siècle; quelques nations étrangères ont adopté son organisation et l'ont perfectionnée; mais actuellement nous regagnons l'avance perdue, et il y a tout lieu d'espérer qu'à l'Exposition de 1900, notre pays tiendra une place honorable dans la branche relative aux secours publics.

LE MUSÉE SOCIAL

ET

LES FONDATIONS DE CHAMBRUN

PAR

E. GRUNER

SECRÉTAIRE DU COMITÉ DE DIRECTION DU MUSÉE SOCIAL

Le lundi 25 mars dernier était inauguré solennellement, en présence du Ministre du Commerce et de l'Industrie, M. Lebon, et d'un délégué du Président de la République, le *Musée Social*, la dernière et de beaucoup la plus importante des fondations du comte de Chambrun.

Héritier d'un des grands noms de notre ancienne noblesse française, l'un des principaux propriétaires des cristalleries de Baccarat, le comte de Chambrun, après avoir pris une part honorable à l'administration et au gouvernement de notre pays comme préfet et comme député à l'Assemblée nationale, a consacré depuis de longues années ses pensées, son cœur et sa fortune aux œuvres destinées à développer et à améliorer les relations entre patrons et ouvriers, à toutes celles qui tendent à faire disparaître les malentendus résultant d'une ignorance réciproque des besoins et des nécessités de la vie et de la lutte industrielle. Son attention s'est en particulier portée sur les Conseils d'usine et l'organisation des rapports entre patrons et ouvriers du même établissement en vue de prévenir tout malentendu et de maintenir sans cesse l'harmonie entre ces deux facteurs essentiels de la production industrielle.

Non content de travailler dans le domaine restreint d'un grand établissement industriel à réaliser ses généreuses aspirations, le comte de Chambrun a successivement cherché à répandre la connaissance des questions sociales par des moyens divers.

Après avoir, — par la dotation d'une rente de 5 000 *f* pendant vingt ans, — provoqué la création à la Sorbonne d'une

chaire d'économie sociale, et, par une seconde dotation de même nature — montant à 2 000 *f* — créé un cours semblable à l'École des sciences politiques, le comte de Chambrun a simultanément encouragé par quatre donations identiques de 50 000 *f* chacune, quatre des associations qui ont le plus activement travaillé depuis quelques années à de saines applications des idées sociales. La Société d'Économie sociale (Fondation Le Play), la Société française des Habitations à bon marché, la Société pour l'étude de la Participation aux bénéfices, et le Centre fédératif du Crédit populaire, ont reçu chacune ce bel encouragement.

Par la création de ces deux chaires, le comte de Chambrun appelait la jeunesse des écoles à connaître et à aimer les questions sociales; par ces quatre donations, le comte témoignait de l'importance qu'il attachait aux efforts de ceux qui cherchent à améliorer la situation de l'ouvrier et du petit employé, en lui assurant une demeure salubre et commode, en lui facilitant les ouvertures de crédit, et en provoquant les patrons à le faire participer, dans la mesure du possible, aux bénéfices de l'entreprise.

Mais bien d'autres questions se posent entre patrons et ouvriers, au cours de l'existence, et l'Exposition d'économie sociale de 1889 avait, dans ses galeries des Invalides, montré les formes si diverses que peut revêtir l'ingénieuse bienveillance des patrons préoccupés d'alléger pour leurs collaborateurs toutes les phases critiques de leur existence.

L'histoire graphique ou écrite présentée par certaines associations ou certains patrons ouvrait des jours bien instructifs sur le danger que courent ceux qui ne se laissent guider que par leur cœur et leur bienveillance.

Les travaux de la Caisse nationale des retraites, et ceux exécutés par les Compagnies d'assurances sur la vie montraient l'étendue des charges auxquelles conduisent après vingt, trente, quarante et jusqu'à soixante-dix ou quatre-vingts ans, des engagements annuels; et la comparaison de ces courbes avec les amorces des courbes tracées par telle ou telle association qui n'avait jusqu'alors vécu qu'au jour le jour, faisait entrevoir de sérieuses perspectives de déficit.

Aussi l'étude, même rapide, de ces galeries provoquait chez tous une double impression : une vive admiration pour la variété extrême des œuvres existantes, et, en même temps, une inquiétude vague pour l'avenir. On se sentait à la fois invité à imiter, et retenu par la crainte de s'engager sur un terrain mouvant.

Chacun comprenait qu'il fallait agir, mais qu'avant tout il fallait s'instruire.

Instruire pour ensuite permettre d'agir, tel est le but qu'a eu en vue le comte de Chambrun. Le moyen restait à trouver.

Une Association constituée sous la présidence de M. Léon Say, au cours de l'Exposition de 1889, avait pendant plusieurs années cherché en vain à trouver les secours financiers pour constituer les galeries permanentes d'économie sociale; elle semblait prête à renoncer à son œuvre quand, par sa généreuse intervention, le comte de Chambrun lui a fourni les moyens de faire plus même qu'elle n'avait rêvé.

Constituée le 25 juin 1894, avec un capital de 200 000 *f*, reconnue d'utilité publique par décret en date du 31 août, la Société du Musée Social, sous la présidence honoraire de MM. Jules Simon et Léon Say, est dirigée par un Conseil de sept membres, désignés par le fondateur. Ce sont :

M. Jules Siegfried, Président;
MM. Charles Robert et Cheysson, vice-Présidents;
M. Gruner, Secrétaire;
MM. Boutmy, Albert Gigot et Georges Picot, Membres du Conseil.

Une donation d'un capital d'environ 1 500 000 *f* dont le Président de la République autorisait l'acceptation par décret en date du 23 mars, consolidait cette œuvre, que le comte installe gratuitement, sa vie durant, dans un immeuble dont il possède la jouissance, 5, rue Las Cases. Cette donation, dont l'annonce imprévue était faite au banquet du 25 mars par le Ministre du Commerce, assure l'existence du Musée Social, mais impose en même temps une lourde responsabilité à ceux que la confiance du comte a appelés à réaliser l'œuvre et à lui faire porter ses fruits de pacification et d'instruction mutuelles.

Pour définir l'œuvre entrevue, nous ne pouvons mieux faire que d'emprunter au discours prononcé par M. Siegfried, au banquet du 25 mars, l'exposé qu'il présentait au nom du Comité.

« Le but du Musée Social est de réunir et de mettre à la disposition du public, les documents, plans, statuts, relatifs aux institutions françaises et étrangères, qui ont pour objet l'amélioration de la situation matérielle et morale des travailleurs.

» Notre intention n'est pas de nous borner à la simple communication des documents, nous y joindrons un service de renseignements et d'informations dont l'utilité s'indique d'elle-même.

» Les principaux moyens d'action que la Société se propose d'employer sont :

» 1° Une exposition permanente d'économie sociale, comprenant les tableaux graphiques, mis à jour, qui ont eu tant de succès à l'Exposition d'économie sociale en 1889;

» 2° Une bibliothèque et une salle de travail ouvertes gratuitement, possédant les principaux ouvrages de fonds, les publications périodiques de France et de l'étranger, et des registres contenant les articles les plus remarquables des grands journaux du monde, sur les questions sociales actuelles;

» 3° La communication aux intéressés de tous les renseignements qui pourront être demandés par eux au sujet des œuvres sociales;

» 4° Des consultations techniques, soit sur l'agencement d'œuvres à créer, soit sur la situation d'œuvres existantes et les modifications que cette situation pourrait comporter;

» 5° L'organisation de conférences, de cours et de démonstrations orales ayant pour but de commenter les documents exposés et de vulgariser les institutions d'économie sociale;

» 6° Des missions d'étude et d'enquête en France et à l'étranger;

» 7° Des publications servant à faire connaître les travaux de la *Société du Musée Social* et les documents rassemblés par elle;

» 8° Des prix et des médailles à décerner aux travaux les plus remarquables et l'organisation de concours sur des sujets spéciaux;

» Ayant pour objet de combler une lacune de notre outillage social, le Musée ne peut ni ne veut à aucun titre faire double emploi avec les Sociétés existantes. Comme elles, uniquement préoccupé de l'intérêt public, il a l'ambition d'être leur auxiliaire et leur allié, et ne doit sous aucun rapport leur porter ombrage.

» Il se propose de rendre facile à tous, ingénieurs et patrons, employés et ouvriers, l'étude pratique des questions sociales, et de mettre en pleine lumière les solutions appliquées et les expériences faites.

» Voulant faire appel à tous les concours et ouvrir ses portes à tous les hommes de bonne volonté, la Société du Musée Social ainsi que, d'ailleurs, le lui prescrivent ses statuts, n'a aucun caractère confessionnel ou politique. Placée sur le terrain fécond des études qu'elle a entreprises, elle examinera les faits, notera les résultats, et elle se fera un devoir de mettre loyalement, avec une entière sincérité, sous les yeux du public, toutes les constatations auxquelles ses recherches consciencieuses pourront la conduire.

» En procédant, comme nous le ferons, à une enquête perpétuelle, aussi rigoureuse qu'impartiale, sans cesse tenue à jour, sur tout ce qui s'accomplit ou se tente, pour relever la situation morale et matérielle de l'humanité, nous contribuerons à rendre plus général un mouvement qui, malgré toutes les dénégations, reste l'honneur de notre temps ».

Réunis à une même table au nombre de près de 300, les principaux hommes politiques de tous les partis — de l'une et de l'autre Chambre — des économistes, des patrons et des ouvriers en grand nombre, ont tour à tour salué l'œuvre si éminemment utile du Musée Social, dans des discours et des improvisations riches en vues généreuses.

« Vous mettrez fin, disait M. Jules Simon, à ce préjugé, que le sort de l'ouvrier n'est pas l'objet de notre constante sollicitude; j'espère et je souhaite, je demande avec ardeur que vous puissiez faire naître un sentiment tout contraire. Je désire que vous persuadiez aux patrons qu'ils n'ont pas de meilleurs amis que les ouvriers et aux ouvriers qu'ils n'ont pas de meilleurs amis que les patrons. Rendez aux patrons et aux ouvriers l'immense service de les éclairer sur leurs sentiments réciproques, et alors, au lieu d'une guerre qui nuit à tout le monde, chacun emploiera ses forces avec une vigueur indomptable à faire le contraire de ce qu'il a fait jusqu'à présent, avec les mêmes intentions et le même désir de faire le bien. »

Chacun de nous, Messieurs, membres de la Société des Ingénieurs Civils, nous partageons, je n'en doute pas, le sentiment exprimé en termes si élevés par l'un de nous, M. Armand Peugeot, le grand industriel de Valentigney, appelé à prendre à cette fête, la parole au nom des patrons : « Il faut que les patrons et les ouvriers comprennent qu'ils travaillent ensemble à une œuvre

commune, que leurs intérêts sont identiques. Aux patrons à donner l'exemple : c'est leur devoir et c'est aussi leur intérêt; le jour où ils l'auront bien compris, le jour où les institutions sociales et patronales seront à la base de toute organisation industrielle, la lutte aura beaucoup perdu de son intensité, et nous verrons régner dans les ateliers la paix et avec elle la prospérité qui en est la conséquence nécessaire. »

Chacun de vous, applaudissant à votre tour à ces généreuses aspirations, vous vous joindrez à nous pour adresser nos respectueuses félicitations à l'homme de bien, au généreux philanthrope qui, dans sa verte vieillesse, consacre son cœur et sa fortune, sous des formes sans cesse nouvelles, à encourager et à fortifier tout ce qui peut contribuer à diminuer l'antagonisme des classes et à développer les relations de confiance et d'attachement réciproques, que nous sentons si nécessaires, nous, Ingénieurs Civils, travailleurs dont la vie se passe au contact des travailleurs.

NOTE

SUR

QUELQUES PROCÉDÉS NOUVEAUX D'EXÉCUTION

DE

TRAVAUX HYDRAULIQUES

EMPLOYÉS EN ASIE CENTRALE

dans des conditions exceptionnelles de terrains et de matériaux

PAR

M. POKLEWSKI-KOZIELL (1)

Mon intention est de vous entretenir de quelques procédés pratiques, relatifs aux constructions hydrauliques, et que j'ai eu l'occasion d'employer en Asie Centrale.

Ces procédés peuvent vous intéresser, Messieurs, surtout en ce moment où les nouvelles colonies françaises vous offrent un champ tout nouveau, qui sans doute vous obligera souvent à recourir aux moyens primitifs que j'ai dû employer dans nos steppes.

Avant d'entrer en pleine Asie Centrale, où j'ai travaillé pendant dix-neuf ans, et pour la clarté de l'exposé, je ferai un retour dans votre belle France. Depuis 1866 jusqu'en 1870, j'ai eu l'occasion

(1) Dans la séance du 19 avril 1895, M. Poklewski-Koziell a fait devant la Société la conférence dont nous reproduisons le texte, et qui a été précédée du préambule ci-dessous.

« MESSIEURS,

» Je vous demande tout d'abord de m'accorder votre indulgence pour les quelques fautes de français que je pourrais commettre, et qui rendraient mon exposé incorrect comme langue; car depuis 1871, c'est-à-dire depuis la guerre franco-allemande, je n'ai presque pas eu l'occasion de parler français.

» A cette époque, j'ai eu l'honneur de commander un corps de volontaires vendéen dans l'arrière-garde du général Clinchamp, dans le Jura, et de m'occuper de la défense de la ligne du Rhône, comme sous-chef d'Etat-major du 24e corps de l'armée française.

» Ayant aujourd'hui l'avantage de faire une conférence devant votre Société, si compétente sur les progrès techniques modernes, je crois que vous partagerez mon avis, qu'il serait oiseux et peu intéressant de vous exposer un problème purement scientifique, ayant rapport à la science telle qu'elle est comprise actuellement, et appliquée dans les pays civilisés ».

de m'occuper de travaux hydrauliques dans des conditions tout à fait exceptionnelles, au milieu des marais de la Sèvre, et sous la haute direction de votre savant Collègue, M. l'Ingénieur G. Love alors directeur du chemin de fer des Charentes.

C'est à cette bonne école de travail pratique, sous la direction d'un Ingénieur aussi distingué, que je dois les quelques succès que j'ai obtenus, pendant ma longue carrière d'Ingénieur, en Asie Centrale.

On trouve des savants, Messieurs, un peu dans tous les pays; mais ce n'est que parmi les Ingénieurs français qu'on peut apprendre le travail pratique dans ses moindres détails, et cela vous donnera toujours une place d'honneur au milieu de vos Collègues de l'étranger.

Revenant à la question des travaux dans les marais de la Sèvre, je dois vous dire que les sondages nous avaient montré, sous une croûte de 1,50 *m* d'épaisseur, à peu près consistante, la présence d'une boue, presque liquide, qui atteignait jusqu'à 20 *m* d'épaisseur. Les échantillons ont dû être mis en bouteilles. La croûte, quoique assez ferme, était facilement perforée par des anguilles qui la traversaient sur de grands espaces, d'un fossé à l'autre.

M. Love fit faire une série d'expériences dans ces marais afin de déterminer l'importance des empatements à donner aux fondations, pour que les travaux d'art d'un poids donné soumis à des surcharges et des trépidations périodiques pussent, pour ainsi dire, surnager dans ce terrain presque liquide. J'étais chargé de ces expériences, je faisais des empatements en sable, puis des coulées de béton hydraulique, là-dessus des piliers en maçonnerie qui étaient chargés dans différentes conditions. On faisait des observations sur les tassements survenus pendant les sécheresses, les pluies dans différentes saisons, et on arriva à trouver, entre le poids de l'ouvrage et son empatement, un rapport qui en garantissait la solidité; c'est dans ces conditions que furent construits tous les ouvrages d'art et les remblais du chemin de fer des Charentes dans les marais de la Sèvre. Ces travaux d'art ont subi toutes les épreuves réglementaires, et ils doivent exister encore si j'en juge par les travaux du même genre que j'ai eu l'occasion d'exécuter depuis, et qui résistent dans les meilleures conditions avec des remontes ne surpassant pas le régime ordinaire.

Ces travaux furent, pour ainsi dire, la base de ma carrière d'In-

génieur; c'est là que j'ai appris à faire des observations pratiques, à me tirer d'un cas difficile, et à marcher en avant sans m'occuper des vieux errements et de la routine. C'est à M. Love que je dois la conviction qu'avec du courage et un travail logique, un Ingénieur se tire toujours d'affaire, même dans les cas les plus difficiles.

Ayant déjà la pratique des constructions sur des terrains mouvants, l'habitude du travail rationnel et l'horreur de la routine, je rentrais en Russie après la malheureuse campagne de l'Est.

Des considérations personnelles m'obligèrent à aller en Asie Centrale, du côté des frontières chinoises, et je fus nommé Ingénieur en chef de Couldja, province qui pendant quinze ans fut occupée par la Russie, et ensuite remise aux Chinois.

Couldja, comme toute l'Asie Centrale, ne peut rien produire sans irrigations, aussi tout le pays est arrosé en partie par des ruisseaux sortant des gorges des montagnes, par le grand canal de l'Acoustan (40 *m* de débit par seconde), les eaux de colature de ce canal et enfin par le fleuve Illy, qui alimente les rizières disposées le long de ses bords.

Pendant les six ans que je passai à Couldja, j'ai exécuté un grand nombre de travaux hydrauliques, dans les conditions ordinaires; je signalerai seulement deux cas exceptionnels qui peuvent vous intéresser, Messieurs, comme exemple de ce qu'on est obligé de faire dans les pays vierges, sans aucun des moyens que la technique offre aujourd'hui aux Ingénieurs.

Premier cas.

L'Acoustan est pris dans la rivière torrentielle le Cache (vitesse 6 *m* à la seconde), affluent du fleuve Illy *(fig. 1 et 2)*. Un beau jour, le Cache commença à affouiller une de ses berges avoisinant l'Acoustan, et Couldja était en danger, une fois l'Acoustan affouillé, de rester sans eau pour l'irrigation, ce qui équivaut là-bas à un désastre. Le manque d'eau est, en effet, la cause d'une famine à laquelle il est presque impossible de remédier, vu les grandes distances et l'absence de bonnes communications entre les oasis de l'Asie Centrale, qui, pour la plupart d'ailleurs, ne produisent du blé que pour leur consommation et non pour l'exportation.

Il fallait remédier, et remédier vite, à une catastrophe qui pa-

raissait presque inévitable. Après avoir réuni à peu près six mille travailleurs et quelques centaines de voitures à deux roues (arbas) pour apporter les matériaux nécessaires, j'ai commencé par cher-

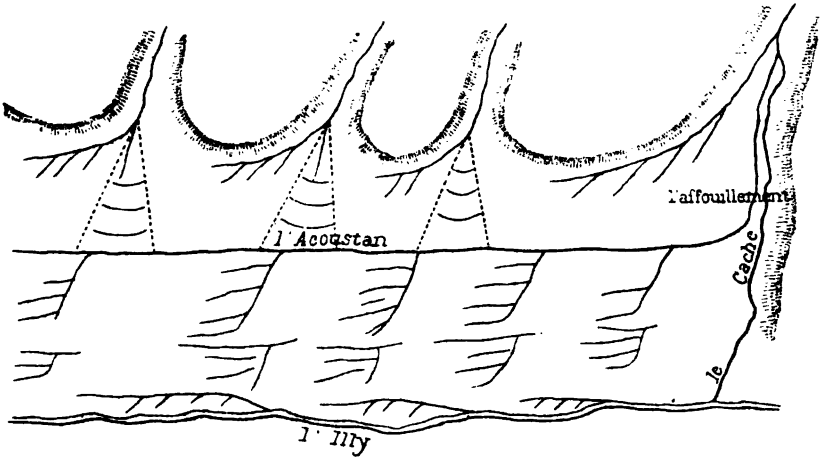


Fig. 1.

cher et j'ai trouvé une partie moins profonde de la rivière, allant en biais d'un bord à l'autre de *a* en *b* *(fig. 3)*, et j'ai fait placer toute une série de trépieds en madriers de peupliers de 0,15 à 0,20 *m* d'épaisseur et de 3 à 4 *m* de long. Chaque trépied était

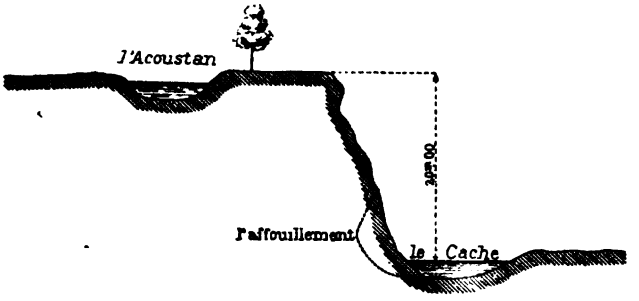


Fig. 2.

fait avec six pièces de bois reliées entre elles par des cordes faites en branches d'osier tordues *(fig. 4)*, et ces trépieds étaient placés de telle sorte que leurs pieds s'enchevêtrant formèrent de *a* en *b* une espèce de barrage à claire-voie. Pour que les trépieds ne soient pas emportés par le courant, ils étaient maintenus par le poids des hommes qui se plaçaient sur les traverses du bas de chaque

trépied *(fig. 4)*; ensuite j'ai fait appuyer contre les trépieds de longues fascines l'une au-dessus de l'autre en travers de toute la rivière *(fig. 5)*; derrière les fascines on faisait un empierrement dont les interstices étaient bouchés par de l'herbe, du foin et de la paille, etc. Peu à peu, il se formait un barrage et l'eau surélevée prit la direction d'un nouveau lit creusé de *c* en *d*, qui fut bien vite approfondi par le courant. Il y a eu des tassements, mais comme les fascines et les cordes liant les trépieds étaient élastiques, les parties où il y a eu des tassements finirent par s'adapter au terrain, et en quelques heures de travail, tout se mit en équilibre, la rivière était détournée et l'Acoustan fut sauvé. On renforça ensuite la

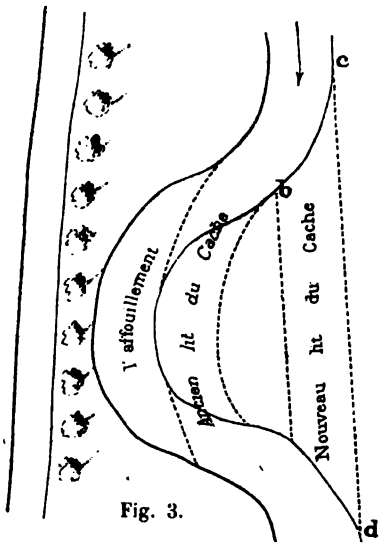


Fig. 3.

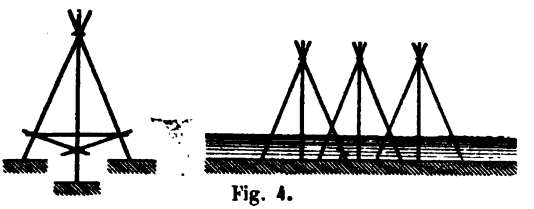


Fig. 4.

digue par des empierrements solides et rien ne bougea depuis. Le creusement du nouveau lit et l'apprêtement des matériaux

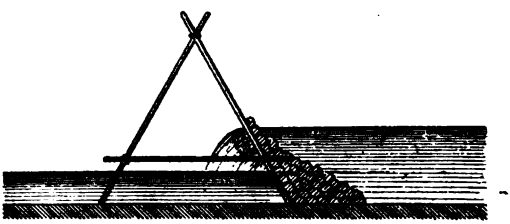


Fig. 5.

pour le barrage durèrent trois jours. Le barrage était fait en six heures et sa longueur dépassait 300 *m*.

Deuxième cas.

Comme on le voit dans la figure 1, l'Acoustan coule parallèlement au fleuve Illy et les ruisseaux sortant des montagnes le coupent en travers. Ces ruisseaux servaient à l'irrigation et ordinairement n'arrivaient pas jusqu'à l'Acoustan; mais pendant les grandes pluies, ils se changeaient en grands torrents et démolissaient le canal en passant en travers. Pour remédier à cet état de choses, je fis faire plusieurs tranchées parallèles, dont on voit le plan et

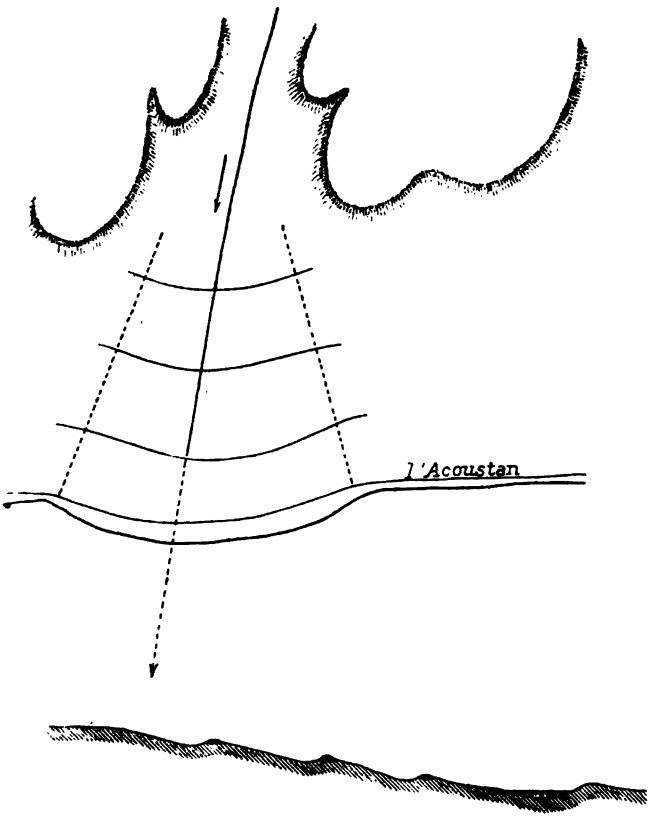


Fig. 6.

la coupe figure 6 pour faire déposer les pierres et le sable apportés par les eaux sur la surface du cône du déversement. En face de ces tranchées, le profil du canal a été aplati et je fis faire sur le côté aval un rebord en fascinage. La longueur de ces tranchées et de la partie plate du canal dépendait de la quantité des eaux apportées par chaque torrent et du développement du cône de

déversement. Nous tâchions d'égaliser cette surface et de répartir dessus toute la quantité des eaux, de telle manière que leurs profondeurs sur les bords des tranchées et du canal ne dépassât pas 0,30 à 0,40 *m*. Dans ces conditions, les affouillements ne se produisaient pas et après chaque orage ou grande pluie, il n'y avait que quelques petites réparations à faire aux empierrements et aux fascinages.

En faisant ces petits travaux des tranchées et du profil du canal, on arrivait au même résultat qu'avec des ponts canaux ou de recouvrement à voûte du canal qui auraient coûté des centaines de mille francs et qui ne pouvaient pas être exécutés par les habitants. Il est vrai que, avec ce système, on sacrifiait toute la surface du cône de déversement qui souvent était assez grand et ne pouvait pas être employé à aucune culture; mais cela ne faisait pas une grande perte en Asie Centrale, vu que, dans ce pays, il y a une masse de terrains qui ne coûtent presque rien s'ils ne sont pas arrosés.

Je ne parlerai pas d'autres travaux hydrauliques que j'ai faits à Couldja, parce qu'ils ne sortent pas de l'ordinaire; j'ajouterai seulement que c'est en créant des étangs pour les irrigations et l'installation de moteurs hydrauliques que je suis arrivé aux conclusions suivantes sur la question des filtrations des eaux à travers les terrains et le long des travaux d'art.

Ordinairement, quand on crée un étang à l'aide d'un barrage, il y a dans le commencement de grandes pertes d'eau par les filtrations sur tout le fond de l'étang; mais ces filtrations finissent par cesser après un certain temps dès qu'il se forme une couche de

Fig. 7.

dépôt sur le fond *(fig. 7)*. Outre ces filtrations générales on avait toujours à craindre de grandes filtrations et des affouillements à l'endroit où des travaux d'art, écluses, vannes, tubes de déchargement, touchaient au corps de la digue. Dans le commencement de mes travaux, malgré toutes les précautions possibles dans la construction des têtes de ces ouvrages en planches et en maçonnerie, j'ai eu beaucoup de malfaçons et d'affouillements; ce n'est que par une longue pratique et quelques expériences que j'ai

acquis la certitude que les têtes comme on les fait ordinairement ne suffisent pas, et je fis faire tout le long des ouvrages des séries de renflements *a*, *b*, *c* ou écrans en bois ou maçonnerie, selon les matériaux qui servaient à la construction du travail d'art *(fig. 8)*. Comme je l'ai dit plus haut, la pratique et les expériences m'ont démontré que, dans chaque sorte de terrain et sous une pression d'eau donnée, on peut toujours trouver le nombre des renflements nécessaire pour que l'eau filtrant entre la surface du travail d'art et le terrain, obligée de contourner tous les renflements, diminue sa vitesse jusqu'à tel point que les dépôts commencent à se former. Ces dépôts, sous une forte pression, s'attachent à ces renflements en bois ou en pierre d'une façon si intime qu'ils ont plutôt l'air d'une incrustation que d'un dépôt. Sur un tube en bois avec renflement en planche qui m'a servi pour les expériences, je suis arrivé à avoir des dépôts qu'on était obligé d'enlever en les grattant au couteau, tellement l'adhérence était grande, surtout dans les lœss de l'Asie Centrale, qui sont d'une ténuité exceptionnelle.

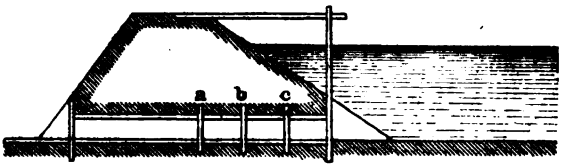


Fig. 8.

Par mes ouvrages en France, je suis, comme je l'ai dit plus haut, arrivé à la persuasion qu'on peut construire dans un terrain faible des travaux d'art avec des empatements proportionnels au poids de l'ouvrage. Par mes travaux en Asie Centrale, j'ai trouvé qu'on peut anéantir les filtrations par une série de renflements aux travaux d'art proportionnels à la pression de l'eau et à la nature des terrains formant les remblais de la digue. Ayant ces deux données, je suis arrivé à la conviction qu'on peut créer des barrages dans des terrains mouvants et perméables en faisant des empatements proportionnels au poids de l'ouvrage et une série de renflements dépendant de la pression, ce qui permettra de remplacer les fondations en profondeur jusqu'au terrain solide.

Généralement ces constructions, peu profondes en largeur, seraient toujours moins chères et beaucoup plus faciles à exécuter que les travaux en profondeur avec palplanches, caisson à air comprimé ou congélation. Outre cela, dans ma pratique, je suis arrivé à la persuasion qu'en employant pour les barrages des fascines lourdes posées parallèlement au courant, on n'a pas besoin

de faire des renflements parce qu'à la longue les dépôts finissent par s'incruster entre les branches serrées des fascines et forment peu à peu un barrage étanche qui, après de grands tassements sous le poids de la digue, finissent par s'équilibrer et faire corps avec le terrain avoisinant.

En m'appuyant sur ces données, j'ai eu l'occasion de construire à Couldja un moulin système américain, en maçonnerie, de trois étages de haut, avec une turbine de **24** *ch* actionnée par une chute de **5** *m* sur un terrain mouvant rempli de sources où l'on voyait se former dans le fond des cônes de sables élevés par les filets d'eau sortant du terrain avec une grande force. Le sable était tellement mouvant qu'on pouvait enfoncer et retirer facilement des perches de 6 *m* de longueur et qu'on ne pouvait pas poser le pied sur ce terrain sans le couvrir préalablement de planches. J'ai commencé par faire poser sur tout l'emplacement du moulin un matelas en fascinage qui fut enfoncé dans le sable à l'aide d'un empierrement en brique (je n'avais pas de pierre sous la main et, beaucoup de belles briques chinoises provenant de ruine). Là-dessus, j'ai posé un grillage en bois rempli de briques à plat au lieu de béton hydraulique qui s'emploie ordinairement, il m'était

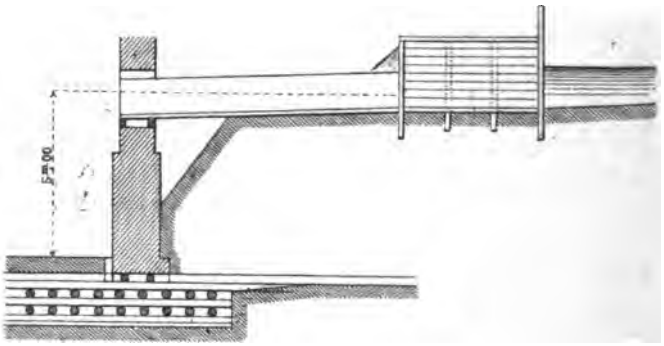


Fig. 9.

impossible de faire du béton parce que je n'avais pas de ciment sous la main, et la chaux, quoique hydraulique, ne pouvait pas être employée directement dans l'eau avant sa prise à l'air. Sur ces grillages, j'ai commencé à faire les murs qui ont eu de grands tassements et finirent par s'équilibrer. L'écluse du canal d'arrivée était construite à part à une distance de 6 *m* du moulin et l'eau arrivait de l'écluse au moulin par un conduit en bois *(fig. 9)*. Malgré ce terrain exceptionnellement difficile, tout est devenu stable et je n'ai plus constaté, pendant deux ans que je fus encore

après le travail fini à Couldja, le moindre dérangement dans la position de la turbine ou des transmissions, malgré les trépidations inévitables causées par la marche du moulin. L'écluse était construite en bois avec quatre écrans en planches enduits de poix et s'adaptant bien au fond et aux deux bords de l'écluse. Entre les écrans on avait damé du sable argileux et il n'y a eu aucune filtration; il est vrai que le terrain à la hauteur de l'écluse était meilleur que sous le moulin, quoique très perméable.

Je ne vous parlerai pas de mes différents travaux d'exploration en Asie Centrale qui, quoique intéressants, n'ont pas un rapport direct avec la question des fondations en largeur dans les terrains mouvants et je passe directement au barrage du Sultan-Bent, sur le Mourgab.

Le Mourgab sort de l'Afghanistan *(fig. 10)* et forme l'oasis de

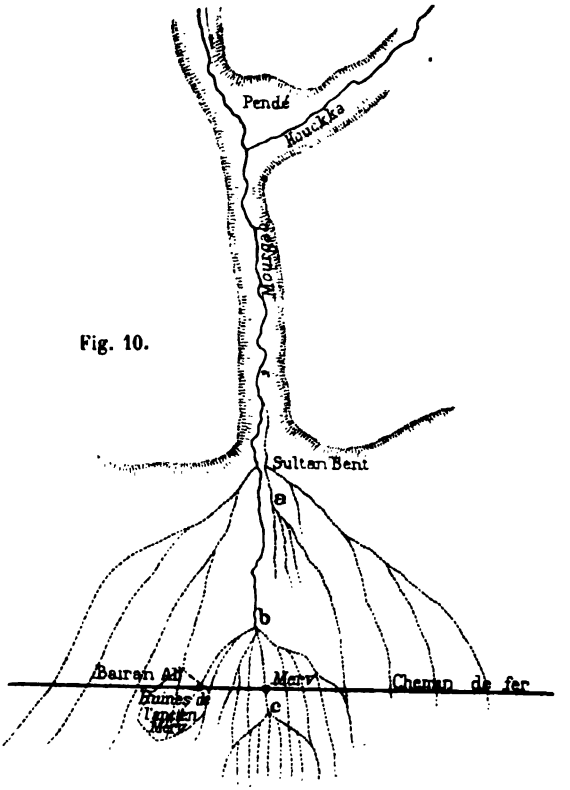


Fig. 10.

Pendé dans l'endroit où il reçoit, du côté gauche, le torrent de Kouchka, puis coule du sud au nord dans une vallée avec bord à pic ayant environ 13 *m* de profondeur et formé par des érosions

dans une couche de lœss *(fig. 11)*. Des deux côtés de cette vallée s'étendent des monticules de sable appelés *(barchan)*, couverts d'une végétation spéciale aux dunes qui offre une maigre pitance aux chameaux et aux moutons. Ces monticules s'étendent d'un côté jusqu'au Tedjen (Hériroud) et de l'autre jusqu'à l'Amou-Daria. Cette contrée est tout à fait déserte et n'a que quelques puits d'eau saumâtre disposés à 80 et 100 *km* l'un de l'autre; j'ai passé tout l'été de 1866 à explorer ce désert à cheval avec deux Turcomans et un Circassien, sans tente et n'ayant pour toute nourriture que du lait de chameau fermenté qu'on portait avec soi dans des outres en peau de bouc. C'était la plus rude exploration que j'aie faite dans ma vie, vu que la température montait tous les jours, pendant trois mois, jusqu'à 67 degrés centigrades. Cette

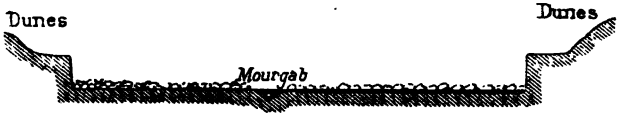


Fig. 11.

exploration était nécessaire pour me rendre compte si l'on ne pouvait pas créer quelques oasis dans ce désert en employant l'eau de l'Amou-Daria, du Mourgab ou du Hériroud. J'ai eu l'occasion de me rendre compte, en faisant des nivellements à l'anéroïde, qu'il est impossible de créer une irrigation dans ce désert à l'aide des canaux pris dans les hautes parties des rivières mentionnées plus haut; il n'y a que des forages artésiens qui pourraient être utiles dans quelques endroits.

En revenant au Mourgab, j'ai dit qu'il coule du sud au nord et se déverse dans les steppes en formant depuis l'ancien barrage du Sultan-Bent un delta qui constitue l'oasis de Merv (ancienne Margiane). Zoroastre, dans le Zend-Avesta, l'appelle déjà la reine de l'univers; et actuellement on voit ce delta couvert d'innombrables canaux et ruines sur une surface de près de 300 000 *ha*. Les Turcomans sont parvenus à arroser une surface d'à peu près 20 000 *ha* à l'aide de trois petits barrages *a*, *b*, *c* *(fig. 10)*. Tout le reste du delta est un grand désert qui ressemble à un cimetière fantastique. Le bas de cette oasis est coupé en travers par le chemin de fer Transcaspien et l'on a créé sur ce parcours la nouvelle ville de Merv à une trentaine de kilomètres de l'ancienne, située près d'une station nommée Bairam-Ali (nom du dernier sultan de Merv). Les ruines de l'ancienne ville de Merv s'étendent sur une surface de 40 km^2.

Ayant pratiqué là plus de deux cents sondages dont quelques-uns jusqu'à 100 *m* de profondeur sur un parcours de 80 *km* de long et de 2 *km* de large, je suis arrivé à la persuasion que dans toute la vallée du Mourgab il y a un grand courant souterrain dans un sable très fin qui sort des montagnes de l'Afghanistan et dont la pente est assez forte, vu que l'eau montait dans les trous de forages de plus de 1 *m* de haut. Ensuite j'ai eu l'occasion d'observer que le fond du Mourgab est partout formé de ce sable presque mouvant et que cette rivière n'est pour ainsi dire qu'une exsudation de ce grand courant souterrain. Les jaugeages faits à trois jours d'intervalle près du courant de Kouchka et près du Sultan-Bent ont montré, quoiqu'il n'y eût pas de changement de niveau pendant ce temps, un débit deux fois plus grand au Sultan-Bent qu'à Kouchka, bien qu'il n'y eût aucun affluent dans toute cette partie du Mourgab; il est donc clair que le surplus du débit est dû au courant souterrain. Le débit du Mourgab varie de 40 à 370 m^3 par seconde.

J'avais déjà dit que les bords à pic de la vallée du Mourgab ont jusqu'à 13 *m* de hauteur, et au Sultan-Bent on voit les embouchures des canaux magistrales des deux côtés de l'ancien bar-

Fig. 12.

rage démoli. La largeur de ces canaux au fond est de 21 à 24 *m* *(fig. 12)*.

L'ancien barrage démoli définitivement par les Bouchariates vers la fin du siècle précédent (j'ai eu l'occasion, en 1887, de faire la connaissance d'un centenaire qui avait encore vu le barrage avant sa démolition) était un travail des plus remarquables dans son genre, car il fournissait l'eau d'irrigation à 300 000 *ha* de terre, et j'ai dans ma possession des documents très intéressants sur ce barrage datant de six cents ans, où, entre autres, on voit qu'il y toujours 12 000 hommes qui étaient chargés de réparer et de garder la digue et 400 plongeurs pour empêcher les filtrations de se produire.

La figure 13 *(Pl. 137)* représente un plan des environs de la digue du Sultan-Bent telle que je l'ai trouvée en 1866. AA est la digue démolie, B les ruines de l'ancien déversoir à gradins *(fig. 14)*. Il était construit en brique avec un mortier spécial à l'Asie

Centrale ne se composant que de chaux grasse et de lœss sans sable. A l'occasion de ce mortier, je crois utile de donner quelques détails assez intéressants. En étudiant les œuvres de votre célèbre ingénieur Vicat, j'y ai trouvé entre autres qu'il y a des cas où une combinaison propre à produire du ciment peut avoir lieu en mélangeant la chaux grasse et les silicates de l'argile à une température assez basse, 150 à 200°. Étant à Viernoïe, en Asie Centrale, et manquant de chaux hydraulique et de bon sable

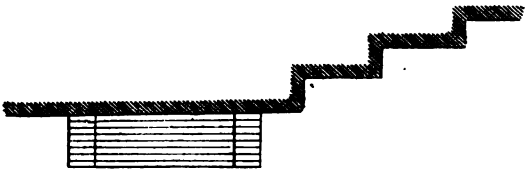


Fig. 14.

pour mes constructions, l'idée me vint d'expérimenter le mélange d'une chaux très pure (que j'avais à ma disposition en cuisant des aragonites et du marbre) et du lœss qui contient des silicates en poudre impalpable. Mes expériences furent couronnées de succès. En mélangeant du lœss avec de la chaux vive très grasse et additionnant d'eau nécessaire, la température de ce mélange était très haute; elle fut tout à fait suffisante pour former un mortier qui ne cédait en rien au meilleur mortier en chaux hydraulique. J'ai eu toute une guerre à soutenir contre les Ingénieurs de l'État, parce qu'il est défendu en Russie, pour les travaux publics, d'employer dans les mortiers, d'autres matériaux que de la chaux et des sables très purs, la moindre addition d'argile étant considérée comme une malfaçon. Les bons résultats pratiques de mon système finirent par l'emporter ; on me laissa tranquille, sans toutefois l'accepter officiellement.

Arrivé au Sultan-Bent, à première vue, en considérant les mortiers dans les ruines, j'ai eu l'occasion de me persuader que le système proposé par M. Vicat, expérimenté par moi, était employé en grand, dans la haute antiquité, en Asie. Les analyses du général Choulachenko (un de nos meilleurs chimistes) sont venues corroborer mes observations. En faisant les analyses des mortiers du Sultan-Bent, il n'a pu y découvrir la moindre quantité de sable et il était obligé de convenir que ces mortiers n'étaient composés que de chaux et de lœss.

En revenant à la description du Sultan-Bent (*fig. 13, Pl. 137*), nous voyons que DD sont les canaux magistrales rive droite et rive

gauche qui avaient servi à l'arrosage de l'oasis de Merv. A l'entrée du canal de la rive droite en E, on voit les ruines d'une écluse en briques. En CC, les ruines d'anciennes fortifications pour la défense de la digue. Tous les terrains FF sont plats et s'élèvent de 12 à 13 *m* au-dessus de la vallée du Mourgab, qui était couverte d'une belle végétation de tamaris. En GG s'élèvent des dunes énormes couvertes d'une végétation d'herbes épineuses et d'arbrisseaux spéciale à tous les sables du midi de l'Asie Centrale. Les différents canaux et coupures qu'on voit sur le plan ont probablement servi pendant l'exécution des travaux de la digue et de ses réparations. D'après les documents historiques, on voit que la digue a été plusieurs fois démolie et reconstruite. En dernier lieu, c'était le sultan Sandjar qui l'a fait rebâtir et on l'a appelée la digue du Sultan ou Sultan-Bent. Son existence du temps de Zoroastre et d'Alexandre le Grand ne peut être mise en doute, parce que jusqu'à présent les principaux canaux partant du Sultan-Bent à Giaour-Cala (ville de Zoroastre) et à Iskender-Cala (ville d'Alexandre le Grand) sont très bien conservés, ce qui a lieu aussi pour la plupart des canaux couvrant d'un énorme réseau toute l'oasis de Merv.

Ayant en vue l'existence de ce réseau, qui pouvait dispenser de faire des dizaines de millions de mètres cubes de terrassement pour reconstituer l'irrigation de l'oasis, je me suis décidé à reconstruire la digue du Sultan-Bent dans son ancien emplacement et de faire un déversoir et une écluse d'entrée dans le canal rive droite, comme on le voit figure 15 *(Pl. 137)*. Le canal de la rive gauche devait recevoir aussi une écluse, mais dans la suite. Je commencerai par la description des travaux du barrage en fascines sur le Mourgab dans son ancien emplacement AA *(fig. 13, Pl. 137)*. La rivière, en cet endroit, n'avait pas plus de 40 *m* de large et sur les deux rives on voyait encore les anciens fascinages, qui avaient cela de particulier que dans la partie qui était continuellement sous l'eau les fascines en tamaris étaient parfaitement intactes et élastiques, seulement presque noires. Dans la partie de la digue où les fascines étaient tantôt à l'eau, tantôt à l'air, les branches de tamaris étaient carbonifiées et cassantes et avaient l'air de provenir d'une vieille tourbière; plus haut, où les branches devaient être continuellement hors de l'eau, elles étaient transformées en charbon très dur et très luisant; les moindres aiguilles, les branches les plus fines étaient admirablement carbonisées dans le lœss qui les entourait et il n'y avait pas dans ces fascines carbonifiées la

moindre trace de cendres. J'en ai parlé aux géologues et aux chimistes ; je leur ai montré des échantillons, mais je n'ai jamais pu avoir d'explication sérieuse de ce fait. Je l'ai vu, mais je ne le comprends pas.

Le fond de la rivière était composé d'un sable extrêmement fin, saturé d'eau et recouvert d'une couche de lœss. Dans les endroits où cette couche n'existait pas, les pieds enfonçaient dans le sable comme dans une vase et il fallait les retirer au plus vite, autrement on était enlisé. Les sondages nous avaient montré que la profondeur de cette couche de sable mouvant à l'endroit de l'ancienne digue était de 25 *m* en moyenne, et presque dans tous les sondages faits des deux côtés du Mourgab, dès que le tube, après avoir passé le lœss, arrivait au sable, l'eau montait à 1 *m* et quelquefois plus haut. Sur ce terrain, l'eau devait être élevée à 12 *m* pour pouvoir arroser les parties hautes de l'oasis. Pour tous matériaux, je n'avais qu'une quantité restreinte de tamaris, du lœss à profusion et une espèce d'herbe épineuse couvrant les parties plates de la steppe et servant à la nourriture des chameaux ; en outre, je pouvais faire venir d'Aschabad de la chaux grasse et quelques pièces de bois qu'on faisait arriver de la Russie d'Europe à travers la mer Caspienne et qui revenait à un prix exorbitant.

J'ai commencé par faire cuire de la brique des deux sortes : Brique du pays, de 0,36 *m* de longueur, 0,18 *m* de largeur et 0,09 *m* d'épaisseur. Je mettais ces briques en tas de 500 000 pièces ; dans le bas de ces tas, je laissais 96 ouvertures qui servaient pour y mettre les herbes qu'on employait pour la cuisson. Ces herbes étaient apprêtées d'avance et j'employais pour la cuisson 400 hommes, qui se relayaient par 200 toutes les six heures, et 150 paires de bœufs qui amenaient les herbes au four. Si on ajoute au feu d'enfer produit par la combustion de cette masse d'herbe, une chaleur de 67 degrés qui durait de 11 heures du matin à 5 heures du soir, il est tout naturel que les hommes qui devaient travailler pendant cet espace de temps tombaient en défaillance, et que j'étais obligé de les faire arroser continuellement par une pompe à feu, car autrement personne n'aurait résisté. C'est dans des conditions aussi difficiles que j'ai fait cuire plusieurs millions de briques. La deuxième sorte de brique était cuite à la manière chinoise, dans des petits fours de 10 000 pièces chacun. Ces fours étaient construits de telle sorte qu'une fois la cuisson finie et les briques chauffées presque à blanc, on faisait traverser toute la masse par

de la vapeur d'eau. Sous l'action de cette vapeur, la brique prenait une couleur de fonte et devenait très résistante à l'air et à l'eau. Cette seconde sorte de brique a été employée pour le revêtement des déversoirs et de l'écluse d'entrée du canal. Comme le mortier de lœss et chaux grasse n'était employé par moi personnellement que pour les travaux hors de l'eau, je ne voulais pas risquer leur emploi en grand dans un travail aussi important; c'est pourquoi je me suis décidé à cuire une chaux hydraulique dans des fours à briques construits selon la méthode persane. Ces fours sont formés d'une grande voûte à plein cintre, avec deux ouvertures pour faire arriver les matériaux de chauffage. Au-dessus de la voûte était le four proprement dit, dans lequel on posait la brique pour la cuisson de la manière ordinaire. La voûte était percée d'une série d'ouvertures parallèles, par lesquelles passait le feu servant à cuire la brique. Ces fours sont très commodes quand on est obligé d'employer des herbes comme matériaux de chauffage, parce que, dans les commencements, les herbes brûlent à petit feu sur le sol de la partie voûtée du four, et le feu étant loin des ouvertures du haut ne produit pas beaucoup de chaleur, qui serait nuisible à la cuisson. Peu à peu les cendres des herbes s'amoncellent et le feu s'approche plus près des ouvertures, ce qui correspond avec le moment de la cuisson où il faut donner le feu le plus intense. Pour cuire ma chaux hydraulique, je formais un mélange de lœss et de chaux grasse en briques de dimensions égales à celles que j'ai données plus haut; ensuite, à l'aide des expériences, je suis arrivé à trouver le nombre de rangs de brique ordinaire que je plaçais dans le bas et dans le haut du four, entre lesquelles je mettais la brique en chaux hydraulique, pour avoir une cuisson uniforme qui garantissait ma chaux des incuits et des trop cuits, qui sont, pour la plupart du temps, cause de la mauvaise qualité de la chaux hydraulique artificielle. A l'aide de ce simple procédé. je suis parvenu à faire cuire environ cinq millions de kilogrammes de chaux hydraulique, qui était d'une bonne qualité et revenait très bon marché, à peine le sixième du prix du ciment dans le pays.

Après avoir exposé ce petit aperçu des moyens que j'ai employés pour créer des matériaux sur place, j'exposerai les procédés de la construction du barrage.

J'ai commencé par élargir le lit du Mourgab jusqu'à 55 *m* pour faciliter l'écoulement des grandes eaux par-dessus le barrage, vu que les travaux ne pouvaient être finis pendant les petites

eaux; ensuite, je fis faire des deux côtés de l'emplacement de la digue des plans inclinés en terre fortement damée; sur ces plans étaient posées des pièces de bois en long et des rouleaux en travers; sur cette espèce de grillage, je faisais faire des matelas en fascines entre-croisées de 10 *m* sur 10 *m* et de 1,50 *m* d'épaisseur. Ces matelas étaient faits comme on les fait ordinairement, leur surface du haut était partagée par des cloisons de 0,70 *m* sur 0,70 *m* et 0,75 *m* de hauteur, faits avec des petits pieux

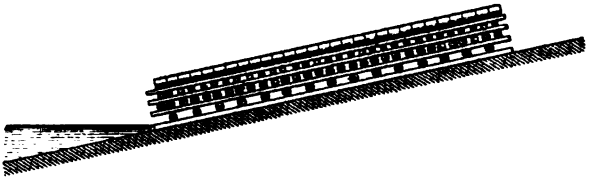


Fig. 16.

en tamaris, et un treillage de branches de cet arbuste *(fig. 16)*. Ce cloisonnage était nécessaire pour maintenir le chargement de briques que recevait chaque matelas pour le faire enfoncer sur la place qu'il devait occuper dans le lit de la rivière. Le poids de chaque matelas, sans briques, était d'environ 15 000 *kg*. Dès qu'un matelas état prêt, je le faisais descendre du plan incliné dans la rivière à l'aide des câbles et des simples palans impro-

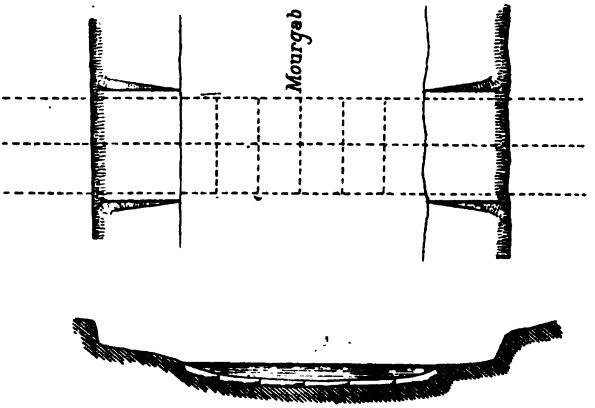


Fig. 17.

visés sur place, le tout manœuvré par 150 ouvriers. Une fois dans l'eau, les matelas surnageant étaient conduits et maintenus à l'aide de cordes dans l'endroit de la rivière où ils devaient être enfoncés. Dès que le matelas était en place, on le chargeait de bri-

ques, 18 000 à 20 000 *kg*, ce qui le faisait enfoncer dans la rivière; c'est ainsi que je fis poser d'un bord à l'autre de la rivière deux séries de matelas qui formèrent un radier de près de 60 *m* de long sur 20 *m* de large *(fig. 17)*. Pendant la pose des matelas, il y a eu des affouillements qui non seulement ne nuisirent pas à la pose, mais la facilitèrent beaucoup, surtout dans les endroits moins profonds de la rivière *(fig. 17)*.

Une fois le radier formé, je fis faire des fascines lourdes de 5 *m* de long et de 1 *m* de diamètre, remplies de briques d'un poids de 2 400 à 2 500 *kg* chacune *(fig. 18)*. Dans l'intérieur de chaque fascine, je faisais mettre une croix en bois *a*, *b* *(fig. 18)*, à laquelle était attaché une espèce de cordeau en fil de fer tordu plié en deux, qui ressortait, d'un côté, au centre de la fascine et formait un œil *c* *(fig. 18)*. C'est dans cet œil qu'on faisait passer une double corde quand on lançait la fascine à l'eau. Cette corde était attachée à des pieux solidement plantés dans le bord de la rivière, à 150 *m* en amont *(fig. 19)*. Chaque fascine étant maintenue par cette corde contre le courant, était tirée par des cordes transversales à l'endroit où elle devait être posée dans la rivière; une fois en place et la fascine descendue au fond, on enlevait la double corde en la tirant à travers l'œil *c*, et alors la fascine ne bougeait plus. S'il n'y avait pas de corde maintenant la fascine contre le courant, elle était tout de suite emportée et il n'y avait aucun moyen ni de la maintenir ni de la mettre en place par des cordes transversales.

Fig. 18.

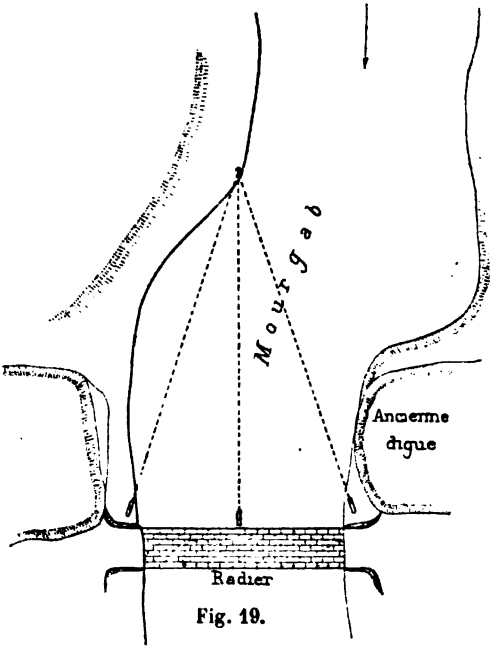


Fig. 19.

C'est de la sorte qu'en plaçant des fascines l'une à côté de l'autre sur deux rangs; puis, une fois le rang formé, de nouveaux rangs au commencement à la même place, et ensuite en remontant un peu en amont, qu'on a formé le corps de la digue *(fig. 20)*. Les premières fascines s'enfonçaient et disparaissaient dans le sable, mais les suivantes ne descendaient déjà plus autant. Il y a eu des tassements d'à peu près 5 *m*; mais peu à peu tout s'est mis en équilibre. Dès que le premier rang de fascines s'éleva

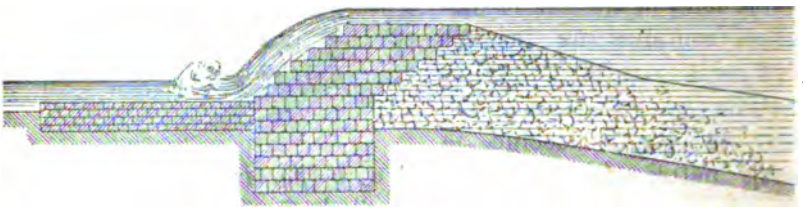


Fig. 20.

au-dessus du sable, on commença à poser des paquets d'herbes recouverts de briques et des fascines lourdes en amont des rangs des grosses fascines et à faire couler du lœss dans la rivière pour rendre les eaux troubles et activer l'empatement et l'étanchéité des fascines. C'est avec ce simple procédé que je parvins, sur ce terrain mouvant, à élever l'eau à près de 10 *m* de haut et à créer un étang de 42 *km* de long, qui me rendit de grands services pour le transport des herbes et des fascinages à l'aide d'un bateau à vapeur et des chalands construits pour ce transport (voir photographie).

Pendant tout le travail, le Mourgab se déversait au-dessus de la digue et les dépôts se formaient et se solidifiaient sous la pression de la masse d'eau. La profondeur en amont de la digue au commencement des travaux était de 8 *m* sur la rive gauche du Mourgab, l'eau étant surélevée à 10 *m*, la profondeur dans le même endroit n'était que de 3 à 4 *m*; donc il y a eu des dépôts qui, pendant la construction du barrage, s'étaient élevés jusqu'à 14 *m*. Pendant la durée des travaux, il y a eu, dans les endroits où le barrage touchait au remblai, plusieurs affouillements causés par le tassement des fascines. Pour surveiller ces tassements, on faisait des deux côtés du barrage, en A et B *(fig. 21)*, des espèces de puits dont la profondeur dépendait du tassement de la terre et qui étaient souvent maintenus par un étayage. Ces puits étaient disposés en échiquier sur les deux bords, comme on le voit figure 21 (plan). Dès qu'il y avait un tassement, l'eau commen-

çait à se montrer dans les puits du côté amont; on comblait alors le plus vite possible le puits où l'eau s'était montrée, avec des bonnes terres, et on commençait à battre le terrain avoisinant avec des lourdes dames en bois, manœuvrées par huit hommes chacune, ce qui faisait tasser le terrain. Les puits remplis de bonne terre formaient pour ainsi dire des espèces d'écrans ou de coins entre le barrage en fascines et le corps de la digue en terre, ce qui empêchait toute filtration. Ces puits étaient nos postes d'observation. S'il y avait des tassements et des filtrations trop forts qui nous menaçaient d'un affouillement sérieux, ce qui arrivait quand on avançait trop vite en hauteur sans donner le temps suffisant aux dépôts de se former et de prendre consistance, et aux tassements de se faire peu à peu, on faisait descendre dans les endroits où il y avait une fente des toiles imperméables et quelques sacs remplis de terre par-dessus. En général, les parties où le barrage se relie à la terre sont les endroits dangereux pendant la durée du travail et ce n'est qu'en marchant lentement et en ayant des puits d'observation qu'on peut garantir le barrage d'un affouillement sérieux. Dans le cas où l'on a de bons matériaux à sa disposition, il vaut toujours mieux construire d'avance des culées en maçonnerie ou en bois sur les deux bords et faire le barrage en fascines entre ces culées. On peut alors procéder plus vite sans craindre les affouillements et l'étanchéité entre les fascinages et les culées est très facile à obtenir par des paquets d'herbes ou de paille mêlés de fumier.

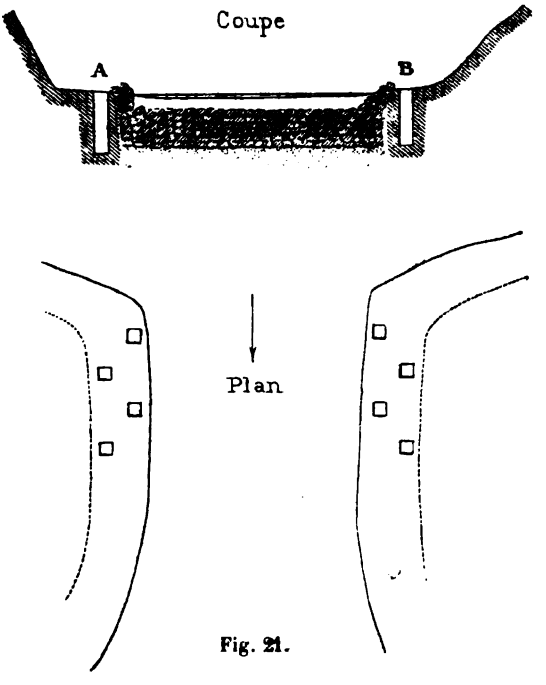


Fig. 21.

En même temps que se faisait le barrage du Mourgab en fascines, je faisais construire deux déversoirs en béton recouverts

de briques chinoises, une écluse d'entrée du canal avec les mêmes matériaux et un déversoir en fascinage et béton (voir photographie). Ce dernier ouvrage était fait en fascinages à sec en les protégeant en amont par de bonnes terres imperméables tassées à la dame, et en posant du béton au lieu de briques pour les chargements des fascines. Les résultats définitifs ont prouvé qu'autant il est facile de faire des barrages en fascines dans l'eau courante, autant il est presque impossible, malgré les plus grandes précautions, de faire un barrage de cette sorte à sec. Quand le grand barrage du Mourgab fut fermé et que l'eau coula sur les déversoirs, le troisième déversoir en fascine fut affouillé ; c'est pourquoi je répète encore que pour avoir l'étanchéité nécessaire dans des barrages en fascines, il faut du temps et il faut faire travailler le courant même, parce que tous les procédés à main d'homme ne peuvent remplacer le travail de l'eau.

Pour finir, je dois ajouter, Messieurs, qu'une grave maladie m'avait empêché de terminer les travaux du Sultan-Bent et de reconstruire le troisième déversoir en fascine dans de meilleures conditions. J'ai dû offrir ma démission et me retirer dans mon pays pour me soigner. Les travaux du Sultan-Bent furent confiés à un Ingénieur de l'État, qui, sans se rendre compte des nouveaux principes que j'introduisais dans les travaux hydrauliques, fit croire au chef des apanages, qui n'était pas compétent dans la spécialité, que je construisais sans fondations et que j'étais probablement malade, non seulement vers la fin des travaux, mais dans le commencement. Bien que nos meilleurs Ingénieurs, les généraux Pauker, Karlowicz, Gerswanoff, Mouchketoff, l'Ingénieur anglais Monkrief et d'autres me soutinssent de vive voix et par écrit (M. Monkrief en même temps que moi est arrivé au même résultat sur la question d'aller en largeur au lieu d'aller en profondeur pendant la réparation du barrage du Nil), la routine l'emporta. Au lieu de continuer mes travaux, l'Ingénieur en question projeta un petit barrage pour arroser quelques centaines d'hectares, et ce barrage a été fait avec grande réclame des journaux. Malheureusement, en disant que le barrage a été fait, on n'a pas ajouté que tous les anciens procédés par palplanches et autres ne réussirent pas et que le barrage a été exécuté par un sous-officier de sapeur, ancien contremaître au Sultan-Bent sous mes ordres. Le sous-officier en question exécuta une digue en fascines comme il l'a vu faire sous ma direction, seulement la digue avait 4 *m* au lieu de 10 *m*.

Cet automne, ayant été appelé à faire un projet de barrage sur la rivière Vielikaïa, pour une grande filature de lin qui doit être construite pour une Compagnie française, j'ai eu l'occasion de venir en France et de faire cette petite conférence dans votre Société. Comme j'ai eu l'honneur de vous le dire plus haut, les Ingénieurs français étaient mes maîtres, et c'est devant leur savant et impartial aréopage que j'ai tenu à porter les résultats de mes travaux et expériences sur un nouveau procédé de construction hydraulique. J'ai eu le bonheur de tenir jadis devant vos ennemis haut le drapeau du soldat français et je puis vous assurer, Messieurs, que je ferai aussi mon possible pour ne pas trop mal porter le titre de membre de votre belle Société, que vous m'avez fait l'honneur de m'adjuger pas vos suffrages.

CHRONIQUE

N° 184

Sommaire. — Résistance de l'air à la marche des trains de chemins de fer. — L'Institution of Civil Engineers. — Travaux de dragage du Bas-Danube. — Emploi de l'aluminium dans les constructions navales. — Explosion d'un récipient à gaz comprimé. — Un procédé de conservation des bois.

Résistance de l'air à la marche des trains de chemins de fer. — La résistance due à la réaction de l'air est une de celles qui interviennent le plus activement dans la marche des trains sur les chemins de fer; elle ne peut être considérée comme négligeable que pour de très faibles vitesses et elle acquiert une importance énorme pour le cas des trains rapides.

Ce serait une erreur de croire que l'influence de la résistance de l'air n'ait pas été dès l'origine des chemins de fer considérée comme très sérieuse et, si l'emploi de proues ou becs placés à l'avant des locomotives est d'introduction récente chez nous, il est intéressant de rappeler que « dans sa première locomotive, Norris, de Philadelphie, avait donné à la partie antérieure de la chaudière la forme d'un avant de navire, afin de diminuer la résistance de l'air » (1).

Il est juste également de rappeler qu'il y a bientôt cinquante ans, un ingénieur, qui a abordé presque toutes les questions industrielles et mécaniques et qui s'est fait une réputation universelle en métallurgie, Sir Henry Bessemer, avait fait une étude très approfondie de la question qui nous occupe et proposé des solutions qui sont couramment employées aujourd'hui. Cette étude a été résumée dans une brochure publiée en 1845 ou 1846 chez John Weale à Londres sous le titre « *On the résistance of the atmospher to Railway trains and Means of lessening the same* », by H. Bessemer. Nous avons eu la chance d'en trouver un extrait dans le *Mechanic's Magazine* de 1847, vol. I, p. 508 et suivantes.

On expose d'abord que, si, depuis longtemps, les constructeurs de navires ont cherché à allonger les coques par rapport aux dimensions transversales et à leur donner une certaine finesse à l'avant et à l'arrière, on a fait tout le contraire pour les véhicules terrestres, même ceux qui, comme les malles-poste et les voitures de chemins de fer, doivent circuler à une vitesse assez grande. On leur donne une largeur relative considérable et des formes carrées. Cependant l'air, quoique moins dense que l'eau, n'en oppose pas moins une résistance analogue au déplacement des corps qu'il baigne, et on ne voit pas pourquoi on ne tiendrait pas compte de cette circonstance. La vitesse, déjà considérable à cette époque,

(1) Ce fait est rapporté à la page 163 de l'édition française des *Machines à vapeur aux Etats-Unis* de Hodge, Renwick et D. Stephenson, publiée à Paris en 1842. On peut en fixer la date vers 1835.

des trains de chemins de fer doit, la résistance pouvant être considérée comme croissant comme le carré de la vitesse, faire examiner cette question avec l'attention qu'elle mérite et on doit regarder comme aussi absurde de terminer par des faces planes et perpendiculaires un véhicule destiné à circuler à la vitesse de 80 *km* à l'heure que de donner à un bateau de course la forme d'un chaland.

Les administrations de chemins de fer ne peuvent alléguer pour excuse de n'avoir pas eu leur attention portée sur ce point, car, dès 1838, le docteur Lardner, dans une communication à l'Association Britannique, indiquait, comme résultat d'expériences directes, que la résistance de l'air à un train de voyageurs était supérieure à toutes les autres résistances à grande vitesse; que si, à 50 *km* à l'heure, elle pouvait être estimée à 6,5 *kg*, à 100 *km* elle atteignait le quadruple, soit 13 *kg*, alors que l'ensemble des autres résistances au mouvement du train n'atteignait guère que 3 *kg* par tonne.

Quelques années plus tard, Robert Stephenson déclarait s'associer entièrement aux conclusions du savant docteur.

M. H. Bessemer a, de son côté, exécuté une série très complète d'expériences pour constater : 1° quelle était la résistance de l'air aux trains de chemins de fer tels qu'ils sont constitués actuellement et 2° de combien serait réduite cette résistance si on employait, pour l'atténuer, certaines précautions, telles que le remplissage des intervalles existant entre les voitures. Ces expériences furent brusquement interrompues par un accident (dont la nature n'est pas indiquée), mais elles ont suffi pour démontrer que la résistance de l'air s'exerce sur les extrémités de chacun des véhicules formant le train à raison de 0,4 de la résistance exercée sur le premier et que, si on remplit les intervalles entre les voitures, cette résistance supplémentaire se trouve énormément réduite. M. Bessemer a donc, sur ces bases, établi les tableaux suivants (1).

Tableau A

donnant la résistance de divers trains marchant à 50 km à l'heure, d'après la formule de Lardner, avec la réduction déduite des expériences de Bessemer.

NOMBRE de voitures	POIDS total du train	RÉSISTANCE ou roulement à 4,5 *kg* par tonne	RÉSISTANCE de l'air à 6,5 *kg* par tonne	RÉSISTANCE totale actuelle	RÉDUCTION de résistance sur les voitures intermédiaires	RÉSISTANCE totale nouvelle
10	40 *t*	180 *kg*	260 *kg*	440 *kg*	210 *kg*	230 *kg*
15	60	270	390	660	345	315
20	80	360	520	880	477	403

(1) Dans ces tableaux, en transformant les mesures anglaises en mesures métriques, nous avons, au prix d'une très légère inexactitude, mis des nombres ronds pour ces dernières, par exemple 100 *km* au lieu de 97, 50 au lieu de 48,5, etc.

TABLEAU B

donnant la résistance de divers trains marchant à 60 km à l'heure, d'après la formule adoptée par M. Robert Stephenson.

NOMBRE de VOITURES	POIDS TOTAL du train	RÉSISTANCE OU ROULEMENT à 4,5 *kg* par tonne	RÉSISTANCE DE L'AIR à 9 *kg* par tonne	RÉSISTANCE TOTALE actuelle	RÉDUCTION DE RÉSISTANCE SUR les voitures intermédiaires	RÉSISTANCE TOTALE nouvelle
10	40 *t*	180 *kg*	360 *kg*	540 *kg*	280 *kg*	260 *kg*
15	60	270	540	810	460	350
20	80	360	720	1 080	640	440

TABLEAU C

donnant la résistance d'un train express marchant à 100 km à l'heure, en admettant que la résistance de l'air croît comme le carré de la vitesse.

NOMBRE de VOITURES	POIDS TOTAL du train	RÉSISTANCE OU ROULEMENT à 4,5 *kg* par tonne	RÉSISTANCE DE L'AIR à 27 *kg* par tonne	RÉSISTANCE TOTALE actuelle	RÉDUCTION DE RÉSISTANCE SUR les voitures intermédiaires	RÉSISTANCE TOTALE nouvelle
10	40 *t*	180 *kg*	1 080 *kg*	1 260 *kg*	850 *kg*	410 *kg*

L'examen de ces tableaux fait voir qu'on peut réaliser des vitesses très élevées sans grand accroissement du travail moteur si on réduit la résistance de l'air dans la voie indiquée. Ainsi, on voit dans le tableau A que la résistance totale d'un train de 10 voitures, marchant à 50 *km* à l'heure, est actuellement de 440 *kg*, et le tableau B montre que 20 voitures marchant à 60 *km* ne demanderont, avec la modification proposée, qu'un effort égal.

De même, si le tableau A indique, pour 10 voitures à 50 *km*, 440 *kg*, le tableau C donne pour le même train, marchant à 100 *km*, un effort de 410 *kg*, c'est-à-dire notablement moindre que le précédent.

Pour réaliser la réduction de résistance qui vient d'être exposée, M. Bessemer proposait la modification suivante dans la construction des voitures de chemins de fer.

Il installait sur les faces avant et arrière des voitures un cadre attaché par le bas aux tampons et relié aux arrêtes des extrémités de ces voitures par des parois de cuir, gutta-percha et matières flexibles analogues, de manière à constituer des soufflets ressemblant aux capotes des cabriolets. Lorsque les voitures étaient isolées, ces soufflets se rabattaient sur les extrémités, tandis que lorsque les premières étaient attelées ensemble, ils venaient en contact, et comme leur saillie atteignait celle des tampons, ils arrivaient à remplir entièrement l'in-

tervalle entre les voitures. Leur disposition leur permettait d'ailleurs de se prêter au déplacement des tampons dans les courbes et dans les variations de l'effort de traction exercé par un véhicule sur le suivant. Par suite de considérations analogues, la dernière voiture du train portait une sorte de poupe en forme de cône ou de coin (1).

M. Bessemer ajoutait encore à cette disposition la précaution de recouvrir par une tôle mince le dessous des châssis des voitures, de manière à empêcher la résistance de l'air de s'exercer sur les diverses parties transversales des châssis. Cette précaution se justifie, dit-il, si on considère que chaque pied carré de surface transversale offre à 50 *km* à l'heure une résistance de 4,5 livres; si on évalue à 18 pieds carrés la surface des traverses et autres pièces et si on la réduit de moitié pour tenir compte de ce que ces pièces se masquent les unes les autres, on trouvera une résistance de 40 livres, soit 18 *kg*, ce qui est sensiblement la résistance au roulement correspondant à la traction d'une voiture pesant 4 *t*.

L'auteur fait remarquer que l'adoption de ces perfectionnements est simple, facile, n'entraîne aucun inconvénient, peut se faire progressivement sur le matériel d'un chemin de fer et peut s'exécuter dans un laps de temps très court. Il profite de l'occasion pour critiquer, au point de vue qui nous occupe, l'usage alors général en Angleterre, de placer les bagages sur la partie supérieure des voitures. Si on considère, dit-il, une malle de 3 pieds de longueur et présentant une surface transversale de 3 pieds carrés, à la vitesse de 50 *km* à l'heure, cette malle donnera lieu à une résistance de 13,5 livres et, si on admet une résistance générale de 10 livres par tonne, on voit que cette simple malle, qui pèsera peut-être 50 *kg*, exigera le même effort de traction qu'un poids de 1 350 *kg* placé à l'intérieur des voitures. Si on fait le même raisonnement pour une vitesse de 100 *km* à l'heure, on trouve que l'effort supplémentaire nécessité par la résistance de l'air contre la malle représentera la traction de plus de 5 *t* placées dans les voitures. L'auteur propose, en conséquence, d'utiliser l'espace qui se trouve entre les soufflets pour y placer les bagages. Ils ne donneront lieu à aucune résistance et seront à l'abri de la poussière et de la pluie. Le reste de la brochure est consacré à la description et à l'exposé des avantages d'un essieu en deux parties destiné à assurer l'indépendance des deux roues, question qui a fait l'objet d'innombrables propositions avant et après celles de Bessemer; nous n'insisterons donc pas sur ce point.

Quant à la première question, nous croyons juste de rappeler que la première idée de faire intervenir dans la résistance de l'air, pour une partie, les différentes voitures d'un train, paraît due à Pambour. Ce savant fit, en 1836, sur le chemin de fer de Liverpool à Manchester, des expériences dans lesquelles il faisait descendre le long d'un plan incliné successivement des wagons séparés et les mêmes wagons attelés ensemble et formant un train plus ou moins long. Il trouva que la résistance totale

(1) Il semble, en effet, logique de combiner avec l'emploi des locomotives, dites à bec, celui d'une poupe appliquée à la dernière voiture d'un train, la dépression qui doit se faire derrière cette voiture à grande vitesse amenant la même résistance qu'un accroissement de pression devant la locomotive.

de la part de l'air correspondait à la surface transversale du premier wagon augmentée de 10 pieds carrés pour chacune des voitures suivantes.

Sous réserve de cette observation, il nous a paru intéressant de signaler une proposition faite il y a tout près de cinquante ans et qui trouve son application aujourd'hui. Les soufflets appliqués d'abord aux wagons-poste et les vestibules du matériel de luxe ont été établis en vue de l'intercommunication, mais ils n'en jouent pas moins un rôle important au point de vue de la réduction de la résistance de l'air sur les trains rapides. Si on eût employé le matériel américain en Angleterre, en 1846, M. Bessemer, en proposant ses soufflets de remplissage, les eût évidemment utilisés à autre chose qu'au dépôt des bagages.

L'Institution of Civil Engineers. — Au 31 mai 1894, l'*Institution of Civil Engineers* comptait 5 766 membres, en augmentation de 188 sur le chiffre de l'année précédente; le nombre des admissions pendant l'exercice a été de 337 dont il faut déduire 149 pour décès, démissions et radiations. Les 5 766 membres se divisent en 20 membres honoraires, 1 832 membres, 3 557 membres associés et 357 associés; il y a en plus 791 étudiants. On remarque que, seule, la catégorie des étudiants est en diminution, ce qu'on attribue à la plus grande sévérité apportée à leur admission.

Les recettes de l'exercice 1893-94 se sont élevées à 844 000 *f*. Sur ce total formidable, les cotisations figurent pour 425 000 *f* (1) et les revenus des fonds placés pour 200 000 *f*.

Les dépenses ont atteint le chiffre de 437 500 *f*, sur lequel nous trouvons 200 000 *f* pour les publications, soit une proportion de 45 0/0 environ (2), 18 000 *f* pour la bibliothèque, 103 000 *f* pour les traitements et salaires, 100 000 *f* pour les dépenses intérieures, frais de séances, réceptions, médailles, etc., et 440 000 *f* pour loyers, entretien des immeubles et locaux, assurances, etc.

La fortune de l'*Institution of Civil Engineers* s'élevait, au 31 mai 1894, à 3 350 000 *f* en nombres ronds, dont 1 million de francs en immeubles, 1 800 000 *f* en valeurs de fonds courant et 450 000 *f* en valeurs de fonds inaliénable, provenant de legs et fondations pour prix, etc. Cette répartition va se trouver modifiée par suite de la construction en cours d'une installation magnifique dans laquelle l'*Institution* va s'établir très prochainement.

Travaux de dragage du Bas-Danube. — Une communication de M. C.-H. Kühl à l'*Institution of Civil Engineers* donne d'intéressants

(1) Le chiffre des cotisations est, pour les membres, de 104 *f* pour les résidents (habitant à moins de 16 *km* de Londres) et de 78 *f* pour les non-résidents, pour les associés, 78 *f* pour les résidents et 65 *f* pour les non résidents, pour les étudiants 52 et 39 *f*. Le droit d'admission est pour tous, sauf les étudiants, de 260 *f*.

(2) Pour la Société des Ingénieurs Civils de France (exercice 1894) la proportion des dépenses du *Bulletin*, par rapport aux dépenses totales est de 37 0/0, mais si on reporte au *Bulletin* certains frais que l'Institution anglaise y fait entrer et qu'on élimine quelques dépenses exceptionnelles et spéciales à cet exercice (monument Flachat), on trouve la proportion de 44 0/0, chiffre à peu près identique à celui de nos voisins.

renseignements sur le coût des dragages dans le Bas-Danube, travaux exécutés par la Commission européenne. Ils concernent l'exécution d'un chenal de 15 *km* de longueur aboutissant à 14 *km* de la bouche de Sulina sur la mer Noire.

Le cube total extrait en quatre saisons, de 1890 à 1893, a été de 5 926 136 m^3, dont le prix moyen a été de 0,286 *f*, transport compris pour la partie du déblai qui a dû être transportée au moyen de bateaux à clapets; dans ce chiffre n'est compris ni l'intérêt ni l'amortissement du capital représenté par le matériel.

Les dragues ont fonctionné jour et nuit pendant la durée de chaque saison, du lundi matin au dimanche matin de chaque semaine, avec deux équipes de personnel.

Le terrain a varié de l'argile compacte à la vase molle et du sable dur aggloméré au sable fin. Les matières les plus compactes étaient vidées dans les bateaux à clapets le long de la drague, tandis qu'avec les autres on se servait pour le transport d'une pompe à vase refoulant dans une conduite flottante. On a eu, avec celle-ci, des difficultés pour pomper le sable fin qui restait dans les tuyaux et faisait couler la conduite, mais on a remarqué qu'en augmentant la vitesse de la pompe de 225 à 275 tours, on pouvait pomper presque toutes les matières.

Voici la composition du matériel employé pour ces travaux.

Drague *Sulina*, longueur 35 *m*, largeur 7,60 *m*, creux 3,05 *m*, machine unique à balancier et à basse pression de 40 *ch* nominaux, a coûté 36 000 *f*.

Drague *Delta*, longueur 37,50 *m*, largeur 8,50 *m*, creux 3,05 *m*, machine compound à pilon à condensation par surface de 180 *ch* indiqués, a coûté 41 000 *f*.

Drague *Sir Charles Hartley*, longueur 37,40 *m*, largeur 8,50 *m*, creux 3,05 *m*, machine de 250 *ch* indiqués, a coûté 490 000 *f*.

Remorqueurs et bateaux à clapets ayant coûté 410 000 *f*.

La drague *Sulina* a reçu en 1891 un long couloir lui permettant de décharger les déblais à 40 *m* de l'axe de la drague.

Les dragues *Delta* et *Sir Charles Hartley* ont travaillé presque toujours avec la pompe à vase de Burt et exceptionnellement avec des bateaux à clapets.

Voici le tableau du travail accompli par chaque appareil avec les dépenses correspondantes par mètre cube.

APPAREILS	CUBE	DÉPENSES POUR EXTRACTION ET TRANSPORT		DÉPENSES D'ENTRETIEN		DÉPENSES TOTALES
		Charbon et matières	Main-d'œuvre	Matières	Main-d'œuvre	
Sulina	1 310 836 m^3	0,0812 *f*	0,1262 *f*	0,0335 *f*	0,0562 *f*	0,2971 *f*
Delta.	2 064 946	0,0658	0,0778	0,0334	0,0348	0,2118
Sir Charles Hartley.	1 980 354	0,0515	0,0703	0,0373	0,0243	0,1862
Remorqueurs et bateaux à clapets .	1 004 084	0,0882	0,0573	0,0072	0,1241	0,2769

Le prix moyen de l'extraction et du transport ressort, comme on l'a déjà indiqué, à 0,286 *f* par mètre cube. La distance moyenne de transport par bateaux à clapets remorqués a été de 3 milles marins, soit un peu plus de 5,5 *km*.

Emploi de l'aluminium dans les constructions navales. — M. A.-P. Yarrow, le constructeur bien connu, a fait à l'*Institution of Naval Architects* une communication sur le bateau torpilleur en aluminium qu'il a fourni récemment au gouvernement français, communication dans laquelle on trouve des renseignements qui compléteront utilement celle que nous a faite l'année dernière notre collègue M. Hart (Bulletin de novembre 1894, page 601) et qui porteront quelque lumière sur des points très controversés relatifs à l'utilisation de l'aluminium, tantôt trop vanté, tantôt trop décrié, pour certaines applications. Nul n'était plus autorisé que M. Yarrow a en parler pour l'emploi dans les constructions navales.

On sait que l'intérêt de la question était de faire des bateaux assez légers pour pouvoir être portés sur le pont de bâtiments de guerre comme faisant partie de leur armement et par conséquent pouvant être mis à l'eau et en être sortis sans trop de difficultés.

Le constructeur s'est décidé à employer pour le bordé des tôles d'aluminium ayant une fois et demie l'épaisseur des tôles d'acier correspondantes; si donc l'aluminium pèse à volume égal seulement le tiers du poids de l'acier, le poids correspondra à la moitié de ce dernier.

On a adopté un alliage à 6 0/0 de cuivre laminé à un degré moyen de dureté, donnant une résistance à la rupture de 23 à 25 *kg* par millimètre carré et assez doux pour être travaillé à froid.

Les parties en contact avec l'eau de mer ou l'eau de la cale ont été réunies avec des rivets en aluminium, celles qui étaient à l'abri de ce contact ont reçu des rivets en fer doux. Des expériences préalables, faites sur un réservoir du même métal assemblé avec des rivets en aluminium et essayé à la pression hydraulique, ont montré qu'on pouvait se fier à ce mode de rivure.

Quant à la résistance à l'action de l'eau de mer, des expériences conduites avec soin ont montré que, sous la condition qu'il ne s'exerce point d'action galvanique due au contact de l'aluminium avec d'autres métaux, la corrosion n'atteindra pas 4 0/0 par an avec des tôles de 3 *mm* d'épaisseur, celles-ci n'étant pas recouvertes de peinture. Mais on doit nécessairement peindre les tôles et, à condition d'éviter que la peinture ne contienne des matières agissant sur l'aluminium, on obtiendra une protection suffisante. On devra éviter de placer les bateaux en aluminium près d'autres bateaux doublés en cuivre, s'il peut s'établir un contact entre eux, par des chaînes par exemple. Avec les précautions ci-dessus, l'action de l'eau de mer ne donnera lieu à aucun effet fâcheux.

Les deux grands ennemis de l'aluminium sont la chaleur et les matières alcalines. Ce métal, recuit à une température peu élevée, perd une grande partie de sa résistance; à chaud, il s'oxyde très rapidement. Il ne faut donc pas songer à l'employer pour des pièces exposées à une notable élévation de température. D'autre part, on ne doit pas s'en servir

pour les parties de condenseurs ou de pompes qui peuvent être en contact avec de la soude employée pour le nettoyage.

Dans la machine, l'aluminium n'a été employé que pour le grand piston, mais on s'est servi partout où on a pu du bronze d'aluminium et du bronze de manganèse.

En résumé, le bateau complet pèse 10 *t*; on peut estimer que l'emploi de l'aluminium a procuré une réduction de poids de 2 1/2 *t* par rapport à l'acier. La vitesse réalisée avec un chargement de 3 *t* a été de 18 3/4 nœuds, au lieu des 17 exigés par le marché et le bateau a pesé une tonne de moins que le poids prescrit, qui ne devait pas dépasser 11 *t*. La machine pour 300 *ch* indiqués pèse 18 *kg* par cheval indiqué, y compris l'eau dans la chaudière et dans le condenseur.

Ces résultats sont tout à fait remarquables.

Explosion d'un récipient à gaz comprimé. — L'emploi de plus en plus fréquent du transport de gaz comprimés dans des récipients donne de l'intérêt à un fait qui vient de se passer à Londres et sur lequel les journaux anglais donnent les renseignements suivants.

Le 15 mars dernier, un commissionnaire chargé d'un récipient, contenant de l'oxygène comprimé, attendait le train à la station de Fenchurch-Street; il avait placé le récipient sur un banc, à côté de lui, lorsque le récipient vint à éclater en produisant, disent les témoins, une flamme très vive et le malheureux commissionnaire fut tué sur le coup.

Ce cylindre avait de petites dimensions, 0,46 *m* de longueur, 0,092 *m* de diamètre intérieur et 4 1/2 *mm* d'épaisseur; il était en acier doux soudé à recouvrement. La matière était de très bonne qualité; l'essai qui a eu lieu lors de l'enquête, a, en effet, donné, sur des éprouvettes provenant du cylindre lui-même, les chiffres suivants : éprouvette prise dans le sens de la longueur, limite d'élasticité, 39,5 *kg*; résistance à la rupture, 47,5; allongement sur 75 *mm*, 13,2 0/0; éprouvette prise dans le sens de la circonférence, limite d'élasticité, 53,5 *kg*; résistance à la rupture, 55,4; allongement sur 37 1/2 *mm*, 18 0/0. A l'analyse on a trouvé la composition suivante : fer, 99,128; carbone, 0,107; manganèse, 0,432; soufre, 0,058 et silicium, 0,011. Le cylindre pouvait subir en toute sécurité une pression de 125 *atm*. La déchirure avait eu lieu le long d'une génératrice, et dans la partie moyenne, de sorte que la tôle s'était déroulée sur cette partie laissant les deux extrémités du cylindre intactes.

La surface intérieure était nette, mais à une extrémité, celle où se trouvait le robinet, la surface était recouverte d'oxyde magnétique qu'on pouvait enlever facilement et qui laissait voir en dessous la texture de l'oxyde formé par la combustion du fer, la surface de l'oxyde et le filetage du robinet montraient des traces de matières grasses provenant, très probablement, de la rondelle de cuir employée pour faire le joint. L'opinion de l'expert est que le récipient devait contenir un mélange explosible de gaz et que ce mélange s'était enflammé sous l'action de matières grasse ou peut-être de fragments de métal très divisé, prenant feu en présence de l'oxygène sous une très forte pression.

Les précautions indiquées par les experts pour empêcher la production

d'accidents semblables sont: 1° dans les usines où on comprime à la fois du gaz d'éclairage et de l'oxygène, d'avoir des compresseurs et des récipients distincts pour les deux et, pour éviter toute erreur, d'avoir les parties se raccordant avec pas à gauche pour un des gaz et pas à droite pour l'autre; de plus les récipients devraient être peints de couleur différente, par exemple, rouge pour le gaz et noir pour l'oxygène; enfin il ne devrait jamais être employé de matières grasses dans la fabrication et la manipulation de ces appareils. La présence de ces matières constitue un danger contre lequel on devrait prémunir tous ceux qui sont appelés à se servir de ces récipients.

Le jury, appelé à se prononcer, a donné un verdict de mort accidentelle et recommandé que tous les gaz comprimés de nature explosive fussent soumis à la réglementation des substances explosives, que les récipients fussent soumis à une épreuve périodique par les autorités, qu'aucun ne puisse être mis en service sans porter une estampille officielle, que tous les fabricants qui font les opérations de compression des gaz soient obligés de se pourvoir d'une licence du *Board of Trade*, que l'emploi de compresseurs distincts pour les divers gaz soit obligatoire et enfin que le *Board of Trade* se livre à une enquête spéciale sur la question. Les journaux dans lesquels nous trouvons ces renseignements considèrent comme fâcheuse cette tendance à provoquer une réglementation à outrance et à s'en remettre toujours à la protection de l'État pour écarter tous les dangers et les difficultés.

En somme, cet accident, qui est dû à un concours de circonstances singulières, qu'on peut considérer comme absolument exceptionnel, ne fait ressortir aucun danger pour le transport des gaz sous pression qui se fait depuis longtemps par quantités considérables, et dans des conditions tout à fait inoffensives. Il ne semble donc pas qu'il y ait lieu de s'émouvoir outre mesure de l'accident que nous venons de rapporter.

Un procédé de conservation des bois. — Tous les procédés de conservation des bois employés jusqu'ici éliminent d'abord la sève contenue dans ces bois et qui devient, sans cela, un agent de corruption. A l'inverse, un procédé américain dû au colonel Haskin et que l'inventeur qualifie de vulcanisation, repose sur la coagulation et la solidification de la sève par la chaleur et par un traitement accessoire.

Le bois est pris à l'état vert et la sève transformée en une matière insoluble qui remplit les pores, soude les fibres ensemble et rend la masse incapable d'absorber l'humidité.

Ce procédé a été, dit l'*Engineer* où nous trouvons ce renseignement, appliqué avec succès en Amérique à la conservation des traverses de chemins de fer et des bois destinés à la menuiserie. On l'introduit actuellement en Angleterre.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

FÉVRIER 1895.

Rapport de M. ED. SIMON sur un nouveau procédé de **fabrication des étoffes par effets de chaîne**, de M. DUQUESNE.

Rapport sur le **concours spécial des moteurs à pétrole** d'une puissance de 4 *ch*, par M. RINGELMANN, professeur à l'École nationale d'Agriculture de Grignon.

Ce concours a été tenu à Meaux pour des moteurs utilisant du pétrole dont le pouvoir calorifique déterminé par l'essai à l'obus calorimétrique a été trouvé de 11 040 calories par kilogramme; c'était du pétrole lampant d'une densité de 800 à 850, ininflammable a la température ordinaire.

Huit moteurs ont pris part au concours. Leurs essais ont été faits avec une méthode constante. On a essayé chaque machine à vide, à la puissance de 2 *ch*, à celle de 4 et à la puissance maximum.

Cette puissance était déterminée au moyen d'un frein automatique placé sur le volant. C'est un frein à bande dans lequel le serrage s'effectue par le déplacement même du frein sous l'influence de la variation du travail fourni par le moteur. La disposition en est très ingénieuse. On relevait également des diagrammes lorsque le moteur était disposé pour recevoir un indicateur. On notait la dépense de pétrole, celle de matières grasses et toutes les circonstances de la marche, températures diverses, quantité d'eau de refroidissement, etc.

Le rapport donne la description de tous les moteurs essayés et leurs caractéristiques, ainsi que les résultats généraux obtenus pour chacun. On a déduit de ces résultats : 1° le rendement thermique total; 2° les calories enlevées par l'eau de refroidissement; 3° la répartition de la chaleur fournie; 4° l'air employé à la combustion du pétrole; 5° les variations de la vitesse; 6° le pétrole consommé par unité de temps.

Le classement a été établi en tenant compte de trois facteurs : 1° le prix de revient de la journée de travail; 2° la construction et le fonctionnement; 3° le rendement thermique. Une combinaison des notes obtenues sous ces trois rapports par chaque moteur a permis de leur donner un rang de valeur. Les deux premiers ont été avec une très faible différence entre eux, le moteur vertical locomobile de MM. Merlin et Cie, de Vierzon, et le moteur vertical mi-fixe de Grob.

Le premier de ces moteurs dépense de 0,438 à 0,347 *kg* par cheval effectif et par heure suivant la puissance fournie; son rendement thermique est de 13,1 à 16,6 0/0, également suivant la puissance. Le moteur qui a le plus consommé a dépensé de 1,679 à 0,700 *kg* par cheval effectif et par heure selon la puissance.

Les résultats de ce concours sont extrêmement intéressants et constituent des renseignements de haute valeur pour l'étude pratique des moteurs à pétrole qui paraissent avoir beaucoup d'avenir, à cause de leur indépendance et de leur facilité d'alimentation, surtout dans les pays où cette matière affranchie des droits énormes qu'elle paye chez nous, peut être obtenue au prix de 0,15 à 0,20 *f* le litre.

Revue des perfectionnements récents apportés à la **fabrication des grands produits chimiques.** 1re partie. **Acides sulfurique et nitrique,** par M. E. Sorel.

Un fait à signaler tout d'abord est que la fabrication de l'acide sulfurique qui était autrefois l'apanage à peu près exclusif des anciennes soudières, s'est répandue, par suite du développement de la fabrication des superphosphates, et a donné lieu à beaucoup de perfectionnements de détail. On peut citer parmi ceux-ci, les fours de grillage, la modification du rôle des tours de Glover, devenues organes de réfrigération et de fabrication, l'injection de l'eau pulvérisée dans les chambres, les pulsomètres employés pour l'élévation de l'acide, la modification des appareils de récupération et de restitution des produits nitreux, etc.

Une question importante est la concentration de l'acide sulfurique pour laquelle on tend à diminuer l'emploi si coûteux du platine.

La fabrication de l'acide nitrique a reçu moins d'améliorations, néanmoins la nécessité de produire des acides de plus en plus concentrés a amené quelques modifications dans les dispositifs.

Revue des **perfectionnements apportés récemment à l'industrie sucrière,** par M. L. Lindet.

La nécessité de lutter avec la concurrence étrangère oblige l'industrie sucrière à perfectionner constamment sa fabrication et dans aucune autre industrie on ne voit modifier aussi souvent l'outillage employé et les procédés suivis. Cette note examine successivement les questions suivantes : nettoyage de la betterave, diffusion, épuration des jus par les différents traitements, évaporation des jus, cuisson et cristallisation du sucre, turbinage, etc. De l'examen des divers perfectionnements introduits en tous ces points, on retire l'impression de la recherche de la diminution de la main-d'œuvre, en vue de laquelle on cherche à rendre les opérations continues et à augmenter le travail quotidien. On constate, en effet, une tendance à réduire le nombre des usines et à diminuer la durée du travail de l'extraction du sucre.

Extraction de l'or par le cyanure de potassium, par M. A. Leproux, Ingénieur des mines.

Les procédés de préparation mécanique et les lavages ont l'inconvénient de laisser échapper des particules d'or très appréciables. On peut recueillir ces particules par des procédés chimiques basés sur la dissolution de l'or libre par un réactif. Il n'y a que trois réactifs qu'on puisse employer, l'eau régale, le chlore et le cyanure de potassium.

L'emploi de ce dernier est tout récent et n'a guère donné encore de

résultats satisfaisants que dans le district de Witwatersrand. Ce procédé consiste dans un lessivage des résidus de broyage par une solution de cyanure de potassium qui donne un cyanure double d'or et de potassium, qu'on précipite par le zinc ou par un procédé électrolytique. La note décrit la succession des opérations et la disposition générale d'un atelier de cyanuration. Les opérations sont délicates, mais le résultat est avantageux ; on peut retirer des deux tiers aux trois quarts de l'or restant dans les résidus de lavage, à un prix qui n'est pas très élevé.

Sur la **dilatation des pâtes et couvertes céramiques**, par M. H. Le Chatelier.

En présence de l'importance de la question pour l'industrie céramique, l'auteur a fait quelques expériences sur la dilatation de quelques matières, silex, silice amorphe, porcelaine, faïence, etc. On peut dire qu'en général les courbes de dilatation des verres et couvertes sont très régulières et n'indiquent qu'un très faible accroissement du coefficient de dilatation avec la température. Il n'en est pas ainsi pour les métaux. Des tableaux graphiques indiquent ces dilatations pour un certain nombre de pâtes et couvertes.

Les **rouges de cuivre** ou flambés sur porcelaine, par le professeur Seger. (Extrait du *Sprechsaal.*)

Porcelaine de Seger. (Extrait du *Sprechsaal.*)

Étude sur la **trempe de l'acier**. (Extrait par M. H. Le Chatelier d'un mémoire de M. Howe, inséré dans les *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*).

Sur l'**acier au bore**, note de MM. Moissan et Charpy. (Extrait des *Comptes rendus de l'Académie des Sciences.*)

Les conclusions de ce travail sont que le bore communique au fer la propriété de prendre la trempe, mais une trempe spéciale correspondant à une élévation de la charge de rupture sans augmentation sensible de la dureté. Son rôle est donc nettement différent de celui du carbone. Les résultats obtenus démontrent aussi combien il est nécessaire, dans les théories relatives à la trempe, de définir d'une façon précise les transformations obtenues, au moyen d'essais mécaniques variés.

Étude sur la **constitution des alliages métalliques.** (Extrait par M. Le Chatelier d'articles de M. Laurie, publiés dans le *Journal de la Société chimique de Londres.*)

Pose mécanique des voies de chemins de fer aux États-Unis. (Extrait de l'*Engineering News.*)

Les accidents de machines. (Compte rendu bibliographique de la *Collection de dispositions et d'appareils destinés à prévenir les accidents de machines*, publiée par l'Association de Mulhouse.)

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

FÉVRIER 1895.

Études sur le **mode de construction et d'exploitation des chemins de fer vicinaux belges**, par MM. RIGAUX, Ingénieur en chef, HENRY et CLAISE, Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

La Société nationale des chemins de fer vicinaux a été créée en 1884 et forme une véritable administration d'État. Elle a le monopole de la concession des chemins de fer vicinaux en Belgique. Ses lignes sont presque toutes à la voie de 1 *m*, sauf quelques-unes qui sont à 1,067 *m* (au voisinage de la Hollande où le réseau à voie étroite a cet écartement) et un petit nombre à voie normale. Elle avait, au 31 mars 1893, 1 209 *km* en exploitation et 1 360 en construction, total 2 569.

La note décrit l'organisation de la Société, le système d'infrastructure, tant pour les lignes urbaines que pour les autres, cette infrastructure comportant généralement, par l'emprunt qu'elle fait des voies publiques, de fortes rampes, 30 à 50 0/00 et des courbes de 25 à 35 *m* de rayon. Elle décrit ensuite la superstructure formée généralement de rails de 21 1/2 *kg* et quelquefois de 30 *kg* et donne le prix de revient qui varie de 15 à 35 000 *f* suivant la nature de la ligne (en accotements sur plate-forme indépendante, en pavage, etc.). Les traverses en bois sont presque exclusivement adoptées, quelques essais de traverses métalliques n'ont pas donné de bons résultats.

Les stations et leurs accessoires sont, en général, réduits à une expression très simple, il y a eu cependant des exceptions

Le matériel roulant comprenait, au 31 décembre 1892, 226 locomotives, 500 voitures et 1 326 wagons. On trouvera des détails très complets sur ce matériel dont les dispositions ont dû être conçues en conformité avec le service à effectuer. Les machines qui appartiennent à cinq types pesant en service de 15 à 30 *t* sont toutes à trois essieux tous accouplés; les voitures se rattachent à trois modèles : voitures à essieux parallèles, voitures à bogies et voitures articulées, système Rechter; nous pouvons dire en passant que ces dernières, dont la disposition est moins coûteuse que celle des voitures à bogies, ont parfaitement réussi. Il y en a déjà une quarantaine en service.

Les questions du chauffage des voitures, des freins, des attelages, etc., sont traitées en détail.

Le dernier chapitre est consacré à l'exploitation technique et à l'exploitation commerciale, et se termine par quelques considérations sur les résultats financiers obtenus. Nous devons indiquer ici que, par une disposition qu'on retrouve aussi en Saxe, les lignes sont divisées en réseaux distincts dont l'exploitation est concédée à des Sociétés ou à des particuliers sur lesquels la Société exerce son contrôle. Les résultats sont très intéressants. Sur quarante-neuf lignes en exploitation au 31 décembre 1892, représentant 1 017 *km*, soit une moyenne de 20 *km* environ, le prix de revient moyen d'établissement ressort à 42 422 *f* par

kilomètre. Le capital souscrit pour l'établissement des lignes a été fourni dans les proportions suivantes : État, 27,2 0/0; provinces, 28 0/0; communes, 40,7 0/0 et particuliers, 4,1 0/0.

Quatre lignes seulement ont donné des recettes inférieures aux dépenses; ces insuffisances ont été couvertes par les fonds de réserve; quatorze lignes ont donné plus de 3 1/2 0/0, neuf ont donné plus de 3 0/0 et cinq plus de 2 1/2 0/0. Nous ne parlons ici que des lignes ayant au moins un an d'exploitation. Quant au taux moyen des dividendes, il s'est élevé de 2,65 en 1890 à 2,75 en 1891 et à 2,76 en 1892.

Malgré les objections qu'on pouvait faire *a priori* au système de fermage, il paraît avoir donné de bons résultats et les concessionnaires de l'exploitation paraissent faire des bénéfices. En somme, on peut conclure que la Société nationale a rendu un service important en créant tout un réseau de chemins de fer dont le rôle est important pour la prospérité économique du pays, avec des sacrifices tout à fait restreints de la part des pouvoirs publics.

Formules générales pour **la compensation d'un réseau topographique**, par M. D'Ocagne, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

Ces formules se rapportent à la question de la loi de probabilité des écarts autour d'un point fixé par un certain nombre d'ensemble d'observations.

ANNALES DES MINES

2e livraison de 1895.

Étude sur **l'industrie des phosphates et des superphosphates**, par M. D. Levat, Ingénieur civil des Mines.

C'est la seconde partie de l'étude commencée dans la 1re livraison de 1893 des *Annales des Mines;* elle contient les questions relatives à la fabrication industrielle des phosphates et des superphosphates, les procédés de traitement des phosphates naturels, les scories phosphatées provenant de la fabrication de l'acier dont le rôle est devenu si considérable depuis quelques années. On trouve dans cette partie des renseignements statistiques intéressants et des résultats d'expériences sur l'emploi des scories basiques en agriculture.

La note se termine par des considérations sur la consommation des phosphates dans le monde et les opinions très différentes qui ont été émises au sujet de la perte annuelle d'acide phosphorique. Ces divergences sont telles qu'alors que certains auteurs affirment que l'épuisement définitif du sol n'est l'affaire que d'un petit nombre d'années, d'autres, admettant une récupération presque totale par les fumures naturelles, considèrent que les exploitants de phosphates verront tôt ou tard leurs débouchés se fermer. La vérité est probablement entre les deux.

3e livraison de 1895.

Notice nécrologique sur **Ernest Mallard,** Membre de l'Institut, Inspecteur général des mines, par M. A. DE LAPPARENT.

Note sur un éboulement survenu dans le puits n° 3 des mines de Liévin, par M. DESAILLY.

Cet éboulement, survenu le 21 août 1894 à la profondeur d'environ 500 *m*, a eu pour effet d'interrompre la circulation dans le puits en entraînant la chute d'une partie de la maçonnerie. Une réparation provisoire a été faite en deux jours au moyen de boisages opérés sur 11 *m* environ de hauteur. La réparation définitive a été faite au moyen d'un cuvelage métallique placé à l'intérieur de la maçonnerie existante avec remplissage de béton ou de ciment. Le cuvelage était formé d'une série d'anneaux en quatre pièces constitués par des fers en U assemblés par éclisses et broches. Les travaux ont duré deux mois et ont été exécutés, sans interrompre le service des puits, chaque jour après le poste d'extraction et les jours de chômage.

Note sur un affaissement survenu dans les travaux de la couche des Littes (concession des mines de houille de Montrambert (Loire), par M. COSTE, Ingénieur des Mines.

Cet affaissement, survenu le 5 mai 1894, a produit des effets qui ont été ressentis à une grande distance; on cite des hommes renversés, des lampes éteintes et des commotions ressenties fort loin. Il n'y a, du reste, pas eu d'accident, mais on doit admettre que, dans des mines grisouteuses, des affaissements de ce genre pourraient avoir pour conséquence de faire dégager brusquement la totalité du grisou contenu dans la houille écrasée et emmagasinée dans les remblais, et cette masse, lancée à une vitesse considérable, pourrait mettre en défaut certains types de lampes de sûreté ou tout au moins certaines lampes en médiocre état, et amener des explosions plus ou moins graves.

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fontes, fers et aciers, en 1893 et 1894.

La production totale des combustibles minéraux s'est élevée, en 1894, à 27 459 137 *t*, en augmentation de 1 808 156 *t* sur l'année 1893. Sur ce total, il y a 27 006 090 *t* de houille et anthracite et 453 047 *t* de lignite; ce dernier est en diminution de plus de 20 000 *t* sur l'année précédente. Pour la houille c'est, comme toujours, le Nord et le Pas-de-Calais qui tiennent la tête, le premier avec 4 930 000 *t* et le second avec 10 628 000 *t*; après vient la Loire avec 3 361 000 *t*. Les deux premiers départements sont en augmentation sur 1893 et le dernier en légère diminution.

La production des fontes s'est élevée, en 1894, à 2 077 647 *t*, en augmentation de 74 500 *t* sur 1893. Sur le total, il y a 2 058 299 *t* de fonte au coke, 7 163 *t* seulement de fonte au bois et 12 195 *t* de fonte mixte. La disparition de la fonte au bois s'accentue de plus en plus.

A un autre point de vue, le total se partage en 1 596 838 *t* de fonte d'affinage, 461 461 *t* de fonte de moulage et moulée en première fusion. Sous le rapport de la production, c'est toujours le département de Meurthe-et-Moselle qui tient la tête avec 1 284 000 *t*, soit les 64 centièmes du total ; après vient le Nord avec 224 000 *t*, Saône-et-Loire avec 89 700 et le Pas-de-Calais avec 84 000 ; le cinquième rang appartient à la Haute-Marne qui a produit 66 700 *t*. Les Landes, qui étaient à cette place en 1893, ne viennent en 1894 qu'au sixième rang avec 63 000 *t*.

La production totale des fers a été, en 1893, de 808 697 *t*, en augmentation insignifiante de 486 *t* sur 1893. Le total se subdivise en 673 802 *t* de fer puddlé, 12 209 de fer affiné au charbon de bois et 122 646 *t* de fer obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons ; cette dernière catégorie est en légère augmentation, 6 000 *t*, sur 1894. Le département de la Seine figure pour 28 936 *t*, c'est-à-dire à peu près le même chiffre que l'année précédente à moins d'une tonne près. La production des rails en fer a été de 860 *t*, contre 775 *t* pour l'année précédente ; elle n'était que de 418 en 1893.

La production totale d'aciers Bessemer et Siemens Martin en lingots a été, en 1874, de 790 773 *t*, en augmentation très minime de 921 *t* sur 1893. La production des aciers ouvrés s'est élevée à 663 624 *t*, en diminution de 768 *t* sur 1893. Les rails figurent dans ce chiffre pour 187 403 *t*, en diminution de près de 20 000 *t* sur 1893 ; les tôles pour 147 821 *t*, en augmentation de 14 000 *t* sur l'année précédente. Les fabrications des aciers puddlé, cémenté et fondu au creuset présentent sensiblement les mêmes chiffres que l'année précédente ; il y a augmentation pour l'acier obtenu par réchauffage de vieil acier, 7 109 *t* au lieu de 5 460 *t*.

Étude sur **l'écoulement de la vapeur dans les tuyaux**, par M. Auscher, Ingénieur de la marine.

Il y a un haut intérêt, surtout pour les puissantes machines, à réduire au minimum compatible avec les bonnes conditions de passage de la vapeur le diamètre des tuyaux d'arrivée de celle-ci, d'abord au point de vue de la résistance, puis à celui de la réduction des pertes par condensation et de diminution de poids et d'encombrement.

Les expériences en vue d'étudier la résistance au passage de la vapeur ont été faites à Indret, on a opéré en faisant communiquer une chaudière avec un réservoir par des conduites de divers diamètres dont la longueur allait jusqu'à 50 *m* et en notant la différence de pression entre les extrémités ; la vapeur en sortant du réservoir allait à un condenseur. On avait le poids de vapeur sortie et par conséquent la vitesse d'écoulement et on mesurait directement la différence de pression.

L'auteur a obtenu ainsi des coefficients qui permettent de calculer la dépression normale dans une conduite et d'obtenir méthodiquement les sections d'une canalisation dont le parcours est déterminé. Il en conclut qu'on peut en général largement réduire les sections des tuyaux sans entrainer de dépressions exagérées.

Le mémoire examine aussi l'influence des réservoirs de vapeur placés près de la machine lorsque la prise de vapeur a lieu par intermittence comme dans le cas de machines à un seul cylindre admetteur. L'emploi

de ces réservoirs permet de réduire notablement la section des conduites. On sait que ce fait a déjà été constaté pour les canalisations d'air comprimé.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Février 1895.

Réunions de Saint-Étienne.

Séance du 2 février.

Communication de M. Leproux sur **un moyen d'enregistrer certains efforts de compression.**

Cette méthode est due au professeur W. Goss, de l'Université de Purdue (États-Unis), et a été appliquée par lui à l'enregistrement des efforts de compression s'exerçant entre les jantes de deux roues en contact.

Nous avons décrit sommairement, dans notre *Chronique* d'octobre 1892, l'installation d'essai des locomotives au laboratoire de mécanique de cette Université (laboratoire qui a été brûlé, il y a quelques années, puis reconstruit plus largement); dans cette installation, les roues de la locomotive reposent sur des galets.

Pour mesurer, en marche, les pressions exercées sur ces galets, on se sert d'un fil de fer de 3/4 de millimètre de diamètre qu'on fait écraser entre les roues et les galets. Après cette opération, on mesure l'épaisseur du fil aux diverses parties, lesquelles correspondent à divers points de la circonférence des roues de la locomotive et on peut tracer un diagramme donnant la variation des pressions exercées par les roues pendant un tour. Cette variation donne des indications précieuses pour la détermination des actions perturbatrices et des contrepoids avec lesquels on cherche à les corriger.

Communication de M. Maurice sur une **perforatrice compound à air comprimé.**

Cette perforatrice qui porte le nom d' « Optimus » et est construite par la maison Schramm, de Londres, présente cette particularité que l'air qui a chassé l'outil est admis ensuite sur la partie antérieure du piston pour ramener le mécanisme par sa détente. On réalise ainsi une économie notable que des expériences comparatives ont fait évaluer à 40 0/0 environ.

Précipitation de l'or contenu dans les solutions de cyanure par l'électricité. — Procédé Siemens et Halske. (Extrait de l'*Engineering and Mining Journal.)*

Ce procédé est appliqué actuellement en grand dans des usines sud-africaines pour précipiter l'or des solutions de cyanure, en remplace-

ment du zinc. Le procédé électrique présente divers avantages, on peut employer une solution de cyanure très faible, et il n'y a pas à craindre la formation de composés accessoires qui entravent l'opération. Il faut employer un courant électrique faible, qui permet à l'or de se déposer à l'état solide sur les cathodes en plomb; on n'a, de plus, besoin que d'une force très minime; 5 *ch* suffisent pratiquement pour une installation traitant 3 000 *t* par mois.

Les industries minières et métallurgiques en Suède. (Extrait du *Colliery Guardian.*)

La Suède a fourni, en 1893, 200 000 *t* de combustible minéral (anthracite). Dans la même année, on a extrait 1 483 000 *t* de minerai de fer, de 341 mines; 80 0/0 sont du minerai magnétique; 152 hauts fourneaux appartenant à 134 usines ont produit 453 000 *t* de fonte et 153 usines ont donné 225 000 *t* de loupes ou barres brutes de fer et 167 000 *t* de lingots d'acier se répartissant à peu près également entre les procédés Bessemer et Martin.

Le reste de la production minérale comprend des minerais de manganèse, argent et plomb, cuivre et zinc, et de l'or, de l'argent, du plomb et du cuivre, mais le tout en très faible quantité, surtout pour les métaux.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Bulletin de janvier 1895.

Rapport annuel présenté par M. Walther-Meunier, secrétaire.

Compte de recettes et dépenses de la Société industrielle de Mulhouse du 1er janvier au 31 décembre 1894.

La Société comptait, au 31 décembre 1894, 551 membres ordinaires, 51 membres correspondants et 7 membres honoraires.

Les recettes se sont élevées à 83 586 marks, dont 23 704 marks pour les cotisations, 27 492 marks pour les intérêts des titres représentant les fondations, 17 000 marks environ pour des loyers et 6 500 marks pour les recettes de l'école d'art professionnel de jeunes filles.

Les dépenses ont atteint 83 277 marks, sur lesquels l'impression du *Bulletin* figure pour 7 000 marks, l'entretien des bâtiments pour autant, les traitements des agents pour 9 700 marks, les dépenses de l'école de dessin pour 14 600 marks, celle de l'école d'art professionnel de jeunes filles pour 8 700 marks, etc.

Mémoire présenté par MM. Th. Boch et Cie sur les **perfectionnements introduits dans leur brasserie de Lutterbach.**

Rapport de la Commission pour l'examen des titres de MM. Boch et Cie à l'obtention des prix divers n° 1, concernant une amélioration importante dans l'industrie.

Ce rapport, concluant à ce qu'il soit décerné à MM. Boch et Cie une médaille d'honneur, vise la fabrication, la bonne organisation des laboratoires, la production du froid et l'installation mécanique en général.

BULLETIN DE FÉVRIER-MARS 1895.

Rapport sur **les bureaux d'information de la Suisse** et le projet de création d'une entreprise de ce genre à Mulhouse, par M. E. MEININGER.

L'expression française « bureaux d'information » ne rend qu'imparfaitement tout ce que contient le mot allemand *Verkehrsbureau* sous lequel sont désignés ces établissements, *Verkehr* signifiant à la fois trafic, circulation, relation et mouvement. Il y a en Suisse six bureaux de ce genre, dont le but peut être défini par l'article premier des statuts de l'office de Bâle.

« La Société a un but d'utilité publique. Elle se donne pour mission de protéger, de cultiver et de développer, de concert avec les autorités, les corporations et les particuliers, les intérêts commerciaux et industriels de la ville de Bâle et des environs. Dans ce but, elle cherchera à rendre le séjour de la ville aussi attrayant et utile que possible aux touristes de passage, aux étrangers résidant à Bâle, comme aussi aux indigènes, par des améliorations et des facilités de toutes sortes dans les institutions et services de toutes natures ainsi que par des créations nouvelles.

» Un des moyens comprend l'entretien d'un bureau dans lequel sont donnés gratuitement des renseignements sur toutes les curiosités, les moyens de communication, les hôtels, pensions et logements, les maisons de commerce, les établissements d'instruction, les distractions, etc. »

Ces établissements ont une grande activité; ainsi le bureau de Bâle a reçu, pendant le dernier exercice, 3 432 visites et fourni un nombre correspondant de renseignements, plus 643 renseignements par correspondance, total plus de 4 000 renseignements fournis gratuitement.

Ce bureau est soutenu par les subventions de la ville, des chemins de fer, etc., et par les cotisations des membres recrutés principalement dans le monde des affaires et dont le nombre dépasse 800, la cotisation étant de 5 *f* par an.

En 1893, les recettes se sont élevées à 16 241 *f* et les dépenses à 13 819 *f*. Les autres offices analogues en Suisse ont une situation également prospère. On s'occupe d'en fonder un à Strasbourg et une institution de ce genre aurait un grand intérêt pour Mulhouse.

Rapport de M. WALTHER-MEUNIER, Ingénieur en Chef de l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur sur **les travaux exécutés sous sa direction** pendant l'exercice 1894.

Nous relèverons dans ce rapport des essais de vaporisation effectués

au moyen d'un certain nombre de houilles, des essais sur des pompes à vapeur qui ont confirmé les résultats obtenus précédemment et indiqué des consommations de vapeur très élevées, 70 *kg* de vapeur par cheval en eau montée pour l'une et 100 pour une autre, la première machine donnait 19 *ch* et la seconde 6 1/2. C'est au moins de cinq à six fois ce qu'on constaterait sur de bonnes installations d'élévation d'eau.

Nous citerons encore des essais sur le chauffage au poussier et sur le chauffage au coke de gaz comparé au chauffage à la houille. On a obtenu avec le coke, sur une chaudière à bouilleurs, une économie de près de 10 0/0 en poids et 8 0/0 en argent avec les prix en vigueur à Colmar où se faisait l'essai comparatif, savoir 22,75 *f* pour le coke et 20,70 pour la houille.

Nous mentionnerons encore des recherches sur le contrôle de l'exactitude des indicateurs de Watt et une étude sur un nouveau système d'indicateur, système Wayne, et enfin des renseignements intéressants sur quelques accidents de chaudières ou de machines.

Essai sur la **constitution de la céruline** par M. M. Prud'homme.

Note sur **un manuscrit de Gonfreville,** intitulé *l'Art de la teinture en coton,* par M. J. Garçon.

Rapport de M. Camille Schœn sur un mémoire présenté au concours pour **le blanchiment à l'eau oxygénée.**

Note sur de **nouvelles synthèses des dérivés du triphénylméthane,** par M. le Dr Jean Walther.

Note sur un nouveau procédé pour la **préparation de dérivés du diphénylméthane** et leur transformation en matières colorantes, par M. le Dr Jean Walther.

Rapport de MM. G. Freyss et G. Noelting sur un **autoclave remplaçant les tubes scellés** dans les travaux de laboratoire présenté par M. A. Pfungst.

Les tubes en verre étant fragiles, sujets à explosion et d'une très faible capacité, M. Pfungst propose de les remplacer par des tubes en acier émaillé ou par des tubes en métal Delta avec un couvercle avec joint en plomb fermé par une vis de pression.

Des essais ont fait reconnaître que cet appareil est d'un maniement facile et donne de bons résultats; il paraît donc appelé à rendre de réels services dans les laboratoires en simplifiant beaucoup les opérations qui, jusqu'ici, ne pouvaient se faire qu'au moyen de tubes en verre scellés.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 14. — *6 avril 1895.*

Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsche *(suite)*.

Expériences sur des moteurs à pétrole, par W. Hartmann *(suite)*.

Nouvelles installations d'épuisement, par E. Josse *(fin)*.

Diagrammes d'indicateurs et échange de chaleur, par C. Brauer.

Groupe de Chemnitz. — Deux explosions de chaudières.

Groupe de Wurtemberg. — Laboratoire de mécanique et éducation des ingénieurs mécaniciens.

Bibliographie. — Manuel de physique expérimentale, par A. Wüllner.

Correspondance. — Machines-outils américaines, pour le travail des bois et des métaux.

N° 15. — *13 avril 1895.*

Moteurs à gaz à l'Exposition universelle d'Anvers, en 1894, par Fr. Freytag.

Machines de compression d'eau de 500 *ch* pour presse à forger, par L. Kauffmann.

Les machines agricoles à l'Exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin, en 1894, par Grundke *(suite)*.

Groupe de Saxe-Anhalt. — Raffinerie de sucre d'Alten.

Variétés. — Fonctionnement des établissements techniques d'expériences en 1893-94.

Correspondance. — Production de l'acétylène et son emploi pour la fabrication des gaz d'éclairage, de l'alcool, etc.

N° 16. — *20 avril 1895.*

Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsche *(suite)*.

Les clapets de machines soufflantes et leur fonctionnement, par G. Perl.

Expériences sur des moteurs à pétrole, par M. W. Hartmann *(suite)*.

Nouveautés dans les questions de chauffage et de ventilation, par H. Fischer.

Groupe du Rhin inférieur. — Appareil pour mesurer les efforts dans les épreuves des ponts métalliques. — Emploi des chaudières à tubes d'eau dans les navires.

Bibliographie. — Eléments des machines, par C. Bach. — Moments de résistance, moments d'inertie et poids des poutres métalliques, par B. Bohm et E. John.

Variétés. — Introduction du système métrique de poids et mesures aux États-Unis. — École industrielle de Hagen. — Association allemande d'hygiène publique.

N° 17. — *27 avril 1895.*

Expériences sur l'élasticité du béton, par C. Bach.

Manipulations électro-chimiques, par F. Quincke.

Influence de la forme du filet sur la résistance des vis et boulons, par A. Martens.

Essais d'appareils et modes de chauffage pour la combustion sans fumée dans les chaudières à vapeur, par A. Stribeck.

Groupe de Bochum. — Filtres à sable.

Groupe de la Leuve. — Chauffage avec injection d'eau pulvérisée, de Bechem et Post.

Bibliographie. — Industrie américaine de la brasserie à l'Exposition de Chicago, par F. Schwackhofer. — Manuel méthodique de mathématiques élémentaires, par G. Holzmuller.

Variétés. — Les chemins de fer allemands dans l'exercice 1893-94. — Installations électriques en Allemagne.

Pour la Chronique et les Comptes rendus :

A. Mallet.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. de Dax.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 8832-5-95. — (Encre Lorilleux)

avec inducteur en série

d'chaque operation

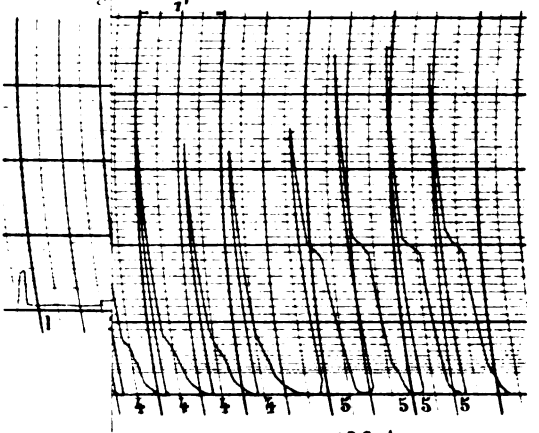
es pendant les essais

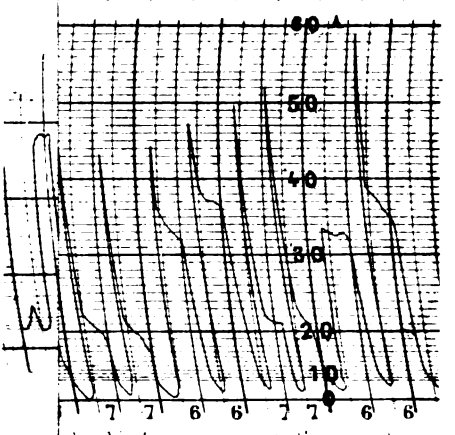
1 Fonct… 5 Levage de la benne pleine (1500ᵏ).

2 Orien… 6 Levage et orientation simultanés benne pleine.

3 Orien… 7 Levage et orientation simultanés benne vide.

4 Levag…



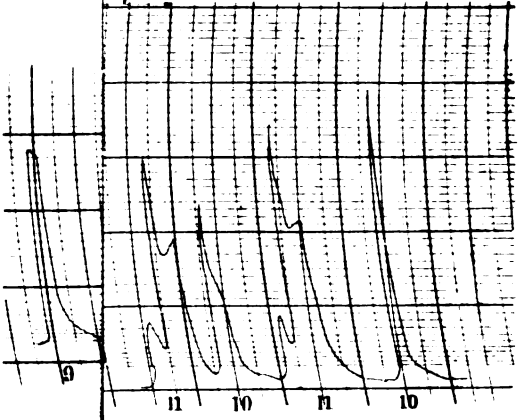


le dechargement d'un navire

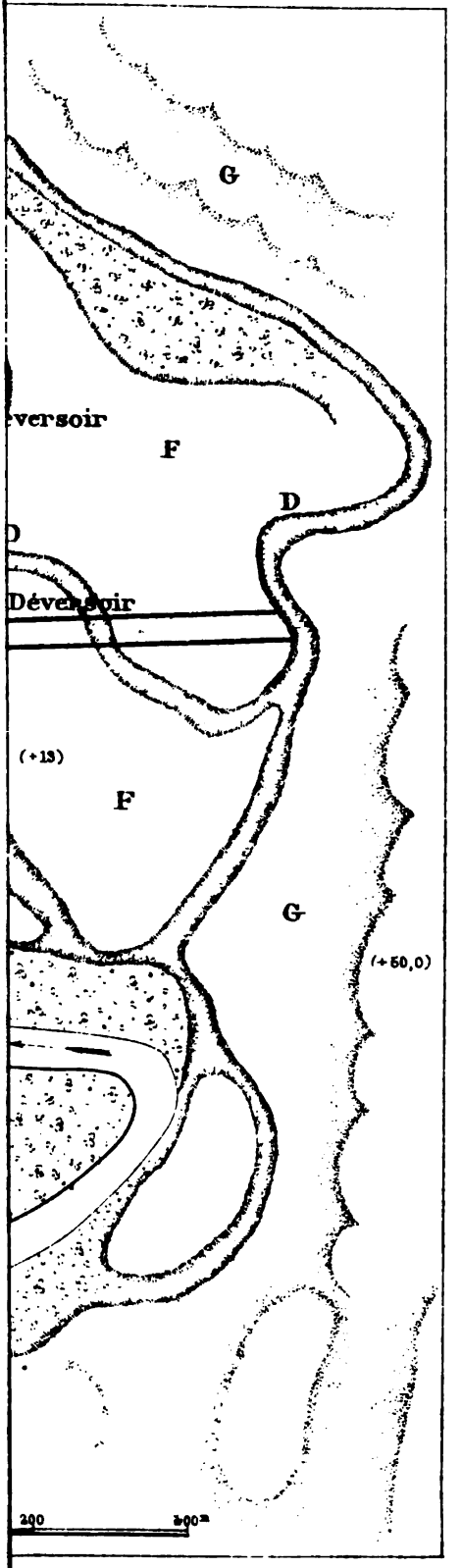
à la fin du dechargement

10 Benne vide

11 Benne pleine



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris


G
versoir
F
D
D
Déversoir
(+13)
F
G
(+50,0)
200
300m

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

MAI 1895

N° 5

Sommaire des séances du mois de mai 1895 :

1° *Décès* de MM. N. Collange, J. Deby, H. Langlois, A. d'Eichthal, A.-F. Collin, O. André, G.-A. Chayet, Ch.-E. Coustenoble, Ed. Joubert (Séances des 3 et 17 mai), pages 650 et 658;

2° *Décorations et nominations* (Séances des 3 et 17 mai), pages 650 et 658;

3° *Méthode de calcul des fermes en arc soumises à l'action du vent*, par M. A. Cordeau, et observations de M. Bertrand de Fontviolant (Séance du 3 mai), page 651;

4° *Basses températures; des moyens et appareils destinés à les produire; de leur utilisation en science et en industrie*, par M. Raoul Pictet (Séance du 3 mai), page 653;

5° *Voitures automobiles.* — Nomination de M. G. Collin comme membre du Comité de la course de Paris-Bordeaux (Séance du 17 mai), page 659;

6° *Système métrique aux États-Unis* (Projet de l'adoption du), lettre de M. Egleton (Séance du 17 mai), page 659;

7° *Épuration préalable des eaux industrielles par l'emploi de l'aluminate de baryte*, par M. E. Asselin, et observations de MM. E. Derennes et de Rycerski (Séance du 17 mai), page 659;

8° *La Métallurgie à l'Exposition de Lyon en 1894*, par M. J. Euverte, et observations de M. H. Rémaury (Séance du 17 mai), page 666;

Mémoires contenus dans le bulletin de mai 1895 :

9° *Retraites organisées par les Compagnies houillères au profit des ouvriers mineurs*, par M. A. Gibon, page 670 ;

10° *La Turbine à vapeur de Laval*, par M. K. Sosnowski, page 697 ;

11° *Obsèques de M. E. Chauvel.* Discours prononcés par MM. L. Rey et L. Berthon, page 727 et 729 ;

12° *Chronique* n° 185, par M. A. Mallet, page 730 ;

13° *Comptes rendus*, — page 738 ;

Pendant le mois de mai 1895, la Société a reçu :

35348 — De M. J. Fleury (M. de la S.). *Institution of Naval Architects. Introductory Address by the President (the right Hon. Lord Brassey K. C. B.) delivered at the Annual General Meeting of the thirty-sixth session 1895* (in-4° de 5 p.).

35349 — De M. Em. Cacheux (M. de la S.). *Société française des Amis des arbres.* Bulletin trimestriel. Années 1893 à 1895. Nice, Banal frères.

35350 — De M^me^ V^ve^ Ch. Dunod et P. Vicq, éditeurs. *Traité d'électricité. Théorie et applications générales*, par F. Rodary (grand in-8° de 520 p. avec 586 fig. dans le texte). Paris, V^ve^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35351 — De l'Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. *Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française, Exercice 1894.* Nancy, Berger-Levrault et C^ie^, 1895.

35352 — De M. A.-J. Bourdariat. *Note sur les alluvions aurifères de Grenade (Espagne)* (in-8° de 9 p.). Bruxelles, 1895.

35353 — Dito. *Esquisse géologique et minéralogique du district aurifère de Santa-Cruz, Honduras, Amérique Centrale* (in-8° de 6 p.). Bruxelles, 1895.

35354 — De M. F.-G. Kreutzberger (M. de la S.). *Machine universelle à affûter les fraises de toutes sortes, alésoirs, tarauds, forets, tors et autres outils* (in-12 oblong de 43 p.). Paris, Dumoulin et C^ie^, 1895.

35355 — De M. R.-H. Thurston (M. de la S.). *Sibley College, Cornell University, Mechanical Laboratories and Experimental Research* (grand-in-8° de 14 p.). New-York, 1895.

35356 — Dito. *The Needs and Opportunities of a Great Technical College* (in-8° de 10 p.). New-York, 1893.

35357 — De M. A. Vivien (M. de la S.). *La crise agricole en sucrerie.* Conférence de M. A. Vivien faite le 23 mars 1895 au Comice agricole de Saint-Quentin (grand in-8° de 18 p.). Paris, P. Dubreuil, 1895.

35358 — De M. A.-L. Cordeau (M. de la S.). *Étude de l'avant-projet d'un plancher en bois* (in-4° de 14 p. autog.). Paris, 1894.

35359 — De M. L.-F. Vernon-Harcourt. *Inland Navigation with special Reference to the Birmingham District* (grand in-8° de 15 p. avec 1 pl.). London, 1895.

35360 — De M. G. Sauterrau (M. de la S.). *Commentaires sur Panama* (petit in-8° de 77 p.). Paris, Baudry et Cie, 1893, 2e édition.

35361 — Dito. *Étude sur le Métropolitain de Paris* (grand in-8° de 47 p.). Paris, Baudry et Cie, 1893.

35362 — De M. Henry de Renéville (M. de la S.). *Perforatrice à diamants. Instruction pour le personnel des mines de La Mure* (in-8° de 19 p.). Grenoble, F. Allier, 1895.

35363 — De la Société française des Ingénieurs coloniaux. *Société française des Ingénieurs coloniaux. Compte rendu de la première Assemblée générale. Liste des Membres. Statuts.* Paris, E. Lefèvre, 1895.

35364 — De la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino. *Atti della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino.* Anno XXVIII, 1894. Torino, 1894.

35365 — De M. F. Osmond (M. de la S.). *Sur la dureté. Sa définition et sa mesure* (in-4° de 15 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35366 — Dito. *Sur la fragilité et la plasticité* (in-4° de 8 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35367 — Dito. *Sur la méthode de refroidissement considérée comme méthode d'essai des métaux* (in-4° de 9 p. avec 2 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35368 — Dito. *Sur la résistance électrique du fer et de l'acier et ses rapports avec la composition chimique, la trempe et le recuit* (in-4° de 11 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35369 — Dito. *Sur la métallographie microscopique* (in-4° de 11 p. avec 6 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35370 — Dito. *Sur les essais de trempe* (in-4° de 24 p. avec 1 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35371 — Dito. *Sur les essais par pénétration statique et par striage* (in-4° de 43 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35372 — De la Société des anciens Élèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers. *Inauguration de l'hôtel de la Société des anciens Elèves des Écoles nationales d'Arts et Métiers* (in-8° de 100 p.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895.

35373 — De M. L. Braun (M. de la S.). *L'horlogerie électro-automatique* (petit in-8° de 23 p. avec 2 pl.). Paris, Imprimerie Chaix, 1895.

35374 à 35379 — De M. R. Pictet (M. de la S.). *Six photographies des installations et appareils destinés à produire les basses températures.* Paris. A. Chevojon, 1895.

35380 — Dito. *Influence du rayonnement à basses températures sur les phénomènes de la digestion. Frigothérapie* (petit in-4° de 3 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894.

35381 — Dito. *Études sur le rayonnement des basses températures. Applications à la thérapeutique* (in-8° de 12 p. avec 11 pl.). Genève, Aubert-Schuchardt, 1895.

35382 — Dito. *Recherches expérimentales sur le point critique des liquides tenant en dissolution des corps solides* (petit in-4° de 4 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35383 — Dito. *Essai d'une méthode générale de synthèse chimique* (in-8° de 48 p. avec 1 pl.). Genève, Aubert-Schuchardt, 1893.

35384 — Du Ministère des Travaux Publics. *Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction. Première session. Tome II. Section A (Métaux). Rapports particuliers (première série)* (in-4° de 430 p. avec 32 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1895.

35385 — De M. Ch. Gallois (M. de la S.). *Congrès international de chimie appliquée, organisé par l'Association belge des chimistes. Bruxelles-Anvers, 4-11 août 1894. Compte rendu* par Fr. Sachs (in-8° de 302 p.). Bruxelles, G. Deprez, 1894.

35386 — De M. M^ce^ Urban (M. de la S.). *Chemin de fer Grand Central Belge. Direction de la Traction et du Matériel. Compte rendu de l'exercice 1894.*

35387 — De M. G.-A. Pryce Cuxon. *Society of Engineers. Transactions for 1894 and General Index 1857 to 1894.* London et New-York, 1895.

35388 — De M. E. Polonceau (M. de la S.). *Les nouvelles voitures construites par la Compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans* (in-4° de 17 p. avec 14 pl.). Paris, V^ve^ Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35389 — De M. L. de Chasseloup-Laubat (M. de la S.). *Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la direction de M.* Camille Krantz. *Congrès de Chicago. Rapports de M.* Louis de Chasseloup-Laubat (grand in-8° de 400 p.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35390 — De l'Observatorio do Rio-de-Janeiro. *Annuario publicado pelo Observatorio do Rio-de-Janeiro para o anno de 1894.* Rio-de-Janeiro, 1893.

35391 — De M. W. Watson (M. de la S.). *Paris Universal Exposition 1889. Civil Engineering, Public Works on Architecture* (grand in-8° de 888 p.). Washington, 1892.

35392 — Dito. *Worlds Columbian Exposition. International Congress on Water Transportation, Chicago, 1893* (23 brochures grand in-8°). Boston.

35393 — De M. J. Garnier (M. de la S.). *L'aluminium et le nickel* (in-8° de 30 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1893.

35394 à 35397 — De M. L. Lockert (M. de la S.). *Le Technologiste*, volumes I, II, III et IV, nouvelle série, 1876, tomes XXXVI à XXXIX de la collection (4 volumes grand in-8°). Paris, Roret, 1876.

35398 — Du Ministère des Travaux Publics. *Atlas des voies navigables de la France, 2e série, 3e fascicule, Canal du Centre* (in-8° de 7 p. avec 16 pl.). Paris, Imprimerie Nationale, 1894.

35399 et 35400 — De M. Lorenza Allievi. *Cinematica della biella piana* (grand in-8° de 151 p. avec atlas, même format, comprenant 107 fig.) Napoli, 1895.

35401 — De M. L.-E. Bertin. *Amplitude du roulis sur houle non synchrone* 2e note (in-4° de 25 p. autog.).

35402 — Dito. *The use of small models for the determination of curves of stability* (in-4° de 8 p. avec 2 pl.).

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de mai 1895, sont :

Comme Membre honoraire, :

M. le comte de Chambrun, présenté par MM. L. Appert, J. Fleury, H. Remaury.

Comme Membres sociétaires, MM. :

P. Azaria,	présenté par MM.	L. Appert, de Dax, Lencauchez.
B. Bijon,	—	Carimantrand, Mallet, Giraud.
A.-P. Billiant,	—	Clère, de Saintignon, Ladret.
A. Evrard,	—	Joncourt, Hauet, Berson.
J.-B. Grand,	—	L. Appert, E. Collin, de Dax.
J. Hermant,	—	L. Appert, de Dax, Ch. Lucas.
J.-L.-P. Larivière,	—	Harlé, Bocquin, G. Richard.
M. Lonquéty,	—	L. Appert, Henrivaux, P. Terrier.
J.-P.-E. Martinez,	—	Arnaud, Jannettaz, Marboutin.
P.-H. Michel,	—	Carimantrand, Mallet, Lévi.
P.-J. Millet,	—	L. Appert, A. Biver, Chambrelent.
F. Pinheiro de Carvalho,	—	L. Appert, Challiot, Rouget.
G.-J. Vaugeois,	—	R. Blot, Fayollet, Pélissier.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE MAI 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 3 MAI 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. Collange, Noël, membre depuis 1880, a été Ingénieur dans la fabrique de produits chimiques de M. Dordigny, et depuis 1872 était attaché comme conducteur de travaux à la Société des Batignolles.

M. Deby, Julien, membre depuis 1874, a été rédacteur au *Moniteur des Intérêts matériels*, et Ingénieur conseil des Mines.

M. Langlois, Hippolyte, membre de la Société depuis 1864, ancien élève de l'École d'Angers, sorti en 1851, a été attaché pendant dix-huit mois aux expériences de mécanique du Conservatoire impérial des Arts et Métiers, Fondateur et Directeur Général de l'Institut d'Arts et Métiers de Fermo.

M. d'Eichthal, Adolphe, membre de le Société depuis 1880, a été un des fondateurs de la ligne de Paris à Saint-Germain, en 1835.

Il avait été député, et, depuis plusieurs années, il était Président honoraire du Conseil d'administration de la Compagnie des chemins de fer du Midi. M. A. d'Eichthal, possesseur d'une grande fortune, avait su l'utiliser pour l'accomplissement de bonnes œuvres ; il n'est pas de Société charitable qui n'ait eu à bénéficier de sa sollicitude et de son désir de faire le bien.

M. le Président exprime à la famille de M. d'Eichthal les regrets de la Société.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que MM. A.-A. Gallut, Ch. Janet, et E.-Ch. Collin ont été nommés officiers d'Académie.

La Société a reçu un grand nombre d'ouvrages très intéressants dont on trouvera la nomenclature à la fin du procès-verbal de la séance.

M. A. Cordeau a la parole pour faire connaître sa *méthode de calcul des fermes en arc soumises à l'action du vent.*

Après avoir rappelé le moyen de calculer l'action du vent sur un plan, M. Cordeau indique un procédé rapide approximatif pour obtenir l'action du vent sur les diverses pannes d'un comble en arc, action qui est transmise à la ferme par leur intermédiaire.

Le principe de la méthode qu'il expose est le suivant :

Décomposer l'action sur chaque panne en une force verticale et une force horizontale, et étudier séparément : 1° l'arc soumis aux forces verticales; 2° l'arc soumis aux forces horizontales; totaliser ensuite pour chaque section les efforts trouvés dans les deux cas. Cela posé, M. Cordeau examine l'arc soumis à des forces horizontales : les moments fléchissants de charges s'obtiennent par la considération d'un corbeau vertical encastré sur la corde de l'arc, et on construit leur représentative par la méthode de M. Collignon en prenant comme distance polaire la demi-portée de l'arc, $\frac{L}{2}$.

Par suite des actions horizontales, l'arc est soumis à un couple, et, pour l'équilibrer, il faut que les appuis développent des réactions verticales donnant naissance à un couple de même moment et de signe contraire. Ces réactions verticales v sont égales et de signe contraire et leur valeur est déterminée immédiatement. Il en résulte qu'on peut tracer, avec la distance polaire $\frac{L}{2}$, le funiculaire des moments de charges.

Si l'arc est encastré sur les sommiers, les moments d'encastrement développent sur les appuis des réactions verticales respectivement égales et de signe contraire dont la valeur ε sera déterminée ultérieurement, et qui s'ajouteront aux réactions v pour donner des réactions verticales v'.

On calculera ensuite par une méthode connue la poussée et les moments d'encastrement sur appuis. Il sera alors possible de construire la ligne des pressions et de calculer les efforts auxquels sont soumises les diverses sections de l'arc.

Pour l'arc à deux rotules, la ligne des pressions est un funiculaire des charges construit avec la distance polaire v, et partant du sommier d'origine pour aboutir au sommier d'extrémité; son premier côté est la résultante de la poussée et de la réaction verticale v appliquées au sommier d'origine.

Pour l'arc à deux sommiers encastrés, la ligne des pressions est un funiculaire des charges construit avec la distance polaire v'; son premier côté est en grandeur et direction la résultante de la poussée et de la réaction v appliquées au sommier d'origine; le côté initial et le côté final de la ligne des pressions ne passent pas par les sommiers; ils rencontrent la corde de l'arc en des points dont les distances respectives aux deux sommiers représentent, avec la distance polaire v', les moments d'encastrement d'origine et d'extrémité.

La construction de la ligne des pressions peut se faire d'une manière

très précise en remarquant que les portions d'horizontales comprises entre les sommets de cette ligne et son côté initial sont des réductions dans le rapport de $\frac{L}{2}$ à v ou à v' des abscisses du funiculaire du corbeau vertical.

Les moments fléchissants définitifs dans les sections de l'arc sont alors proportionnels aux segments horizontaux interceptés entre la fibre neutre et la courbe des pressions, le coefficient de proportionnalité étant v dans le cas de l'arc à deux rotules, et v' dans le cas de l'arc à sommiers encastrés. Si on considère, comme M. Cordeau l'a fait sur les figures, des forces horizontales agissant de droite à gauche sur l'arc, les moments sont positifs lorsque la courbe des pressions est à gauche de la portion de fibre neutre correspondante, et négatifs dans le cas contraire.

Les efforts tranchants et normaux à chaque section s'obtiennent en décomposant l'effort agissant sur chaque section, et fourni par l'un des rayons polaires du dynamique en une force normale au plan de la section et une force parallèle. Les efforts tranchants sont positifs lorsqu'ils sont dirigés de l'intérieur de l'arc vers l'extérieur, et négatifs dans le cas contraire. Les pressions normales sont positives lorsqu'elles agissent sur la section, de la gauche de l'arc vers sa droite.

Tout ce qui précède est applicable à l'arc à trois rotules; mais dans ce cas, la ligne des pressions passe par les trois rotules, et il en résulte que la poussée se détermine statiquement sans faire intervenir les déformations élastiques.

La conclusion de M. Cordeau est que cette méthode permettra d'étudier les effets produits sur un arc par des forces quelconques non perpendiculaires à la ligne des appuis, en décomposant chacune de ces forces en deux autres, l'une perpendiculaire à la corde de l'arc, l'autre parallèle, et étudiant séparément les effets produits par ces deux séries de forces. Les efforts totaux servant à calculer les dimensions des sections s'obtiendront en ajoutant algébriquement les efforts trouvés dans les deux cas.

On pourrait obtenir les mêmes résultats sans faire la décomposition qui vient d'être indiquée; on serait alors amené à employer, pour la recherche des moments fléchissants de charges, un dynamique et un funiculaire quelconques, conduisant à des constructions pénibles et obligeant à avoir une distance polaire différente pour les diverses sections de l'arc; la même difficulté se présenterait pour l'évaluation des moments définitifs; de là, de nombreuses causes d'erreurs. On les évitera en employant la méthode indiquée; elle n'exige, en effet, que des tracés simples et d'une grande précision.

M. Bertrand de Fontviolant demande à poser une question :

Outre les intéressantes épures dont on vient d'entendre l'explication, le travail de M. Cordeau contient-il une méthode nouvelle, graphique ou analytique, pour la détermination des poussées et des moments d'encastrements produits par les actions horizontales du vent, aux naissances des fermes en arc à deux rotules ou encastrées ?

Cette détermination, qui exige l'intervention de la théorie de l'élasti-

cité, est, comme on le sait, l'un des points les plus importants du problème des arcs soumis à la pression du vent; une méthode nouvelle, permettant de l'effectuer plus simplement que par les procédés connus, présenterait une réelle utilité.

M. A. Cordeau répond qu'il n'a pas eu en vue d'établir une nouvelle méthode de détermination de la poussée et des moments d'encastrement. Cette détermination devra toujours être faite par l'une des méthodes graphiques ou algébriques connues.

Il existe bien une méthode générale applicable à tous les cas pour la détermination des moments des charges et des efforts dans chaque section; mais il lui a paru intéressant, au point de vue pratique, et plus commode de décomposer une question complexe dont la résolution présente des difficultés d'exécution et des chances d'erreur assez nombreuses, en deux questions plus simples dont les résultats pourront être séparément obtenus plus facilement et avec plus de sécurité.

M. le Président remercie M. Cordeau de sa communication. Cet intéressant travail est appelé à rendre des services à ceux de nos collègues qui s'occupent de ces questions.

M. le Président donne la parole à M. Raoul Pictet, qui a bien voulu nous consacrer une soirée pour nous entretenir des *basses températures; des moyens et appareils destinés à les produire; de leur utilisation en science et en industrie.*

M. Raoul Pictet rappelle qu'il y a à peu près deux ans, jour pour jour, il avait l'honneur d'exposer devant les Membres de la Société des questions dont le caractère était essentiellement théorique; il s'agissait du rôle des basses températures dans la science contemporaine. Aujourd'hui, M. Raoul Pictet désire entrer dans le domaine expérimental et montrer par quels procédés et par quel ensemble de dispositions mécaniques on peut réaliser d'une façon certaine, industrielle et commerciale même, les appareils à basse température et les utiliser en science et en industrie.

Avant d'aborder le domaine de la pratique, il n'est pas sans intérêt de rappeler les théorèmes fondamentaux sur lesquels s'appuient les expériences et le fonctionnement des appareils.

Pour obtenir les basses températures, on connait trois moyens :

Le premier, c'est la solution de substances cristallines dans l'eau ou dans d'autres liquides; on obtient ainsi des abaissements de températures insuffisants.

Le second moyen, plus intéressant, plus parfait, c'est la détente des gaz notamment de l'air atmosphérique. Lorsqu'on comprime de l'air et qu'on le détend, il y a abaissement de température, directement proportionnel au travail extérieur produit. Ces expériences sont intéressantes au point de vue théorique et peuvent séduire toutes les personnes qui s'adonnent réellement aux questions scientifiques. M. Solway a cherché à obtenir de basses températures en comprimant de l'air, en refroidissant cet air, puis en le détendant et ainsi de suite. M. Solway n'a pu par ce procédé arriver à une température inférieure à — 120°.

Ces deux premiers moyens éliminés, il reste celui du changement d'état des liquides volatils qui passent à l'état gazeux; c'est le seul qui concorde avec la théorie et la pratique.

Avant d'aborder cette recherche expérimentale, il est très important de bien préciser ce qui caractérise l'état gazeux et l'état liquide et réciproquement.

Nous connaissons les liquides à deux températures : celle de la cristallisation du liquide et celle de son point critique, c'est-à-dire celle à laquelle ce liquide disparaît pour notre œil lorsqu'on le porte à une certaine température en vase clos.

L'œil est insuffisant pour nous renseigner lorsqu'on arrive à des températures très hautes, et c'est au caractère de la liquéfaction qu'il faut s'attacher, liquéfaction qui est produite par des phénomènes mécaniques dont la détermination peut être aidée par l'œil.

Pour considérer les phénomènes et les mouvements réels des particules constituant les liquides, on peut concevoir un réservoir métallique de forme quelconque dans lequel on introduit une certaine quantité de liquide après y avoir fait le vide.

Qu'est-ce que ce liquide? Ce sont des particules matérielles constituées par des molécules gazeuses au nombre de deux au moins; probablement quelques milliers de millions.

Si on considère le cas le plus simple, ces deux molécules d'un liquide sont associées par la gravitation qui, dans ce cas, s'appelle cohésion; elles tendent à s'unir l'une à l'autre et sont dans des conditions telles qu'elles vibrent l'une à côté de l'autre, l'action de l'éther seul les empêche de se rapprocher. Lorsque la matière pondérable entre dans le voisinage d'autre matière pondérable, elle déplace l'éther, et quand elle en a déplacé un poids égal à son propre volume, elle ne tend plus à s'en rapprocher ni à s'en écarter. Si à ce moment on donne une certaine impulsion extérieure, ces molécules se rapprocheront, puis s'écarteront et provoqueront un mouvement de va-et-vient; les vibrations seront proportionnelles aux attractions moléculaires des corps ou à leur poids atomique. Ainsi, on a la certitude que, par l'étude du mouvement d'une molécule liquide, on connaîtra tous les caractères spéciaux des liquides: pressions, dilatations, chaleurs latentes, etc.

Reste à savoir comment il convient d'examiner ces mouvements.

On peut représenter ces mouvements par une série de molécules à la surface du liquide. Or, on sait par le théorème de Fourrier que chaque fois que des corps, reliés par une substance élastique, sont soumis à une source d'énergie, celle-ci ne se répartit pas également partout; il y a des éléments qui vibrent plus que d'autres, puis ils vibrent moins et les autres à leur tour vibrent davantage; c'est la moyenne de ces mouvements qui donne la température.

Nous avons démontré que tous les corps solides fondent lorsque l'amplitude des oscillations calorifiques est la même pour tous.

La formule est :

$$\frac{\alpha}{\sqrt[3]{\frac{d}{p}}} = 3{,}3.$$

Si on applique ces conclusions aux liquides, on doit dire : Toutes les molécules liquides passent de mouvements elliptiques à des mouvements paraboliques et hyperboliques qui les font se séparer les unes des autres, lorsque la longueur d'oscillation est la même pour tous les liquides.

On admet que tous les liquides sans exception sont composés de molécules liquides qui, lorsqu'on leur imprime des mouvements d'oscillation de plus en plus grands, arrivent, pour une longueur d'oscillation déterminée, la même pour tous les liquides, à se transformer en gaz.

Si dans un réservoir métallique dans lequel on a fait le vide complet, absolu théoriquement, on introduit une certaine quantité de liquide à une température quelconque il se produit des chocs des molécules à la surface intérieure du réservoir, c'est ce qu'on appelle tension de vapeur. Plus la température s'élève, plus les chocs sont violents, plus le nombre des oscillations augmentera. La reconstitution du liquide diminuera avec l'élévation de température jusqu'au moment où les vibrations calorifiques seront au-dessous de la longueur moyenne des vibrations par lesquelles le liquide existe encore. Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura plus de liquide dans l'enceinte, mais ce sera du liquide invisible.

Lorsque les molécules arrivent progressivement à la longueur moyenne égale au point critique, elles passent à l'état de vapeur et par une petite différence en plus ou en moins elles ont une durée très éphémère, de telle sorte que, pour une variation de température extrêmement faible dans le voisinage du point critique, le liquide devient gaz et le gaz devient liquide. On peut se rendre compte expérimentalement de ce fait à l'aide d'alizarine dissoute dans l'alcool. Cette dissolution est placée dans un tube en verre, et à 241° on obtient le point critique. Le retour de l'état gazeux à l'état liquide se fait en un vingtième de seconde pour une différence de température de 1/100 de degré. Ce phénomène est accompagné d'un nuage.

Cette expérience montre que pour la liquéfaction des gaz il suffit d'enlever l'énergie à la vapeur. Donc, pour obtenir les basses températures et s'en servir pour liquéfier les gaz résistants, il faut utiliser uniquement les températures inférieures au point critique. Il convient donc de chercher à employer dans les appareils des liquides dont le pouvoir volatil est puissant, dont le point de volatilisation est très bas, et de les faire opérer au-dessous du point critique. Ceci est fondamental.

Avec un mélange d'acide sulfureux anhydre et d'acide carbonique, M. Raoul Pictet produit un premier abaissement de température de — 100° à — 110° en enlevant les vapeurs à mesure qu'elles se forment.

Pour arriver à ce résultat, M. Pictet emploie une série d'appareils constitués par deux enveloppes concentriques. L'espace annulaire reçoit une série de godets faisant le tour de la double enveloppe et placés de distance en distance.

Le liquide volatil arrive par la partie supérieure, se déverse dans le premier godet qui, lorsqu'il est rempli, se déverse dans le godet placé en dessous et ainsi de suite. Progressivement, chaque godet se remplit de liquide volatil. Cette disposition en cascade a pour avantage de donner partout la même température dans un cylindre dont le diamètre est de 2 *m* et la longueur de 3,10 *m*.

Lorsqu'on a atteint — 110° la température est encore trop élevée pour que l'on puisse arriver à liquéfier l'air atmosphérique en le soumettant à la compression.

Il faut donc chercher un autre moyen. Cet autre moyen c'est l'éthylène dont les propriétés ont été étudiées par M. Cailletet.

A l'intérieur de deux tubes concentriques on fait arriver du gaz éthylène comprimé à 20 *atm* ; il abandonne sa chaleur latente de condensation parce que la température de — 110° à laquelle il est soumis est au-dessous de son point critique ; l'éthylène se liquéfie. Avec cet éthylène on peut produire — 160°.

Si on comprime l'air à 150 *atm* et si on le soumet à cette température de — 160° on arrive à le liquéfier.

M. Raoul Pictet a, dans son laboratoire, une vingtaine de litres d'air atmosphérique liquéfié obtenus par ce procédé.

Avec l'air liquéfié on peut arriver à une température de — 213°.

M. Pictet montre ensuite les projections d'une série d'appareils installés dans son laboratoire.

Dans une conférence faite il y a quelques années, l'orateur a parlé de l'influence des basses températures en chimie. Les corps chimiques, quels qu'ils soient, sont sans action les uns sur les autres lorsque la température s'abaisse à — 100°. Les chimistes pourront utiliser toute une série d'appareils composés de cylindres concentriques. Il suffira d'envoyer dans la double enveloppe tantôt de l'acide sulfureux, tantôt de l'éthylène, tantôt de l'air atmosphériqne liquide pour obtenir n'importe quelle température jusqu'à — 213°. Ces appareils permettront de déterminer la loi par laquelle les combinaisons se font et qui est encore inconnue.

M. Pictet a observé des phénomènes de radiation très curieux qui sont les suivants :

Si on place du chloroforme dans un appareil à — 120° on constate que le thermomètre baisse jusqu'à — 68° 1/2 et la cristallisation se fait. On est en droit de conclure que le chloroforme cristallise à — 68° 1/2. Or si on place l'éprouvette pleine de chloroforme dans un appareil à — 80° on constate qu'il n'y a pas cristallisation et que tout cristal jeté dans la masse liquide, au lieu de produire la cristallisation, se met, au contraire, à fondre.

Que conclure de ces anomalies ? En mettant du chloroforme dans l'appareil à — 120° le thermomètre reçoit au moment de la cristallation une quantité considérable de chaleur qui provient de la précipitation des molécules les unes sur les autres. Le thermomètre marque — 68° 1/2 de température ; c'est un état thermique où il se trouve placé par la somme de toutes les quantités d'énergie qu'il reçoit et abandonne. A — 80° le chloroforme étant au-dessus de son point de cristallisation, il fond. La conséquence est que si cette hypothèse est vraie, en procédant progressivement on verra paraitre les premiers cristaux de chloroforme et plus on abaissera la température, plus le thermomètre montera, parce qu'il recevra plus de chaleur. C'est, en effet, ce que l'on observe et pour la mesure des cristallisations, il faut soumettre le corps à une température très basse, puis augmenter cette température jusqu'à ce que les cristaux fondent, enfin on ramène à une température plus basse pour produire la

cristallisation et on mesure. Si on n'opérait pas ainsi on obtiendrait toujours une température trop haute.

M. Pictet fait entrevoir les applications de ses appareils à basse température à la thérapeutique et en se soumettant lui-même à une température de — 100° il est parvenu à se guérir radicalement d'une gastralgie qui persistait depuis six ans.

M. R. Pictet termine en convoquant à son laboratoire pour la première semaine du mois de juin les membres de la Société désireux d'assister à des expériences. M. Pictet ajoute que les appareils sont à la disposition de toutes les personnes qui voudront faire des études sérieuses de physique, de chimie et de biologie. *(Vifs applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement, au nom de la Société tout entière, M. Raoul Pictet de sa très intéressante communication.

Les membres de la Société ont entendu, il y a deux ans, M. Raoul Pictet qui est venu nous faire connaître le résultat de ses études pour la production des basses températures; depuis cette époque de grands progrès ont été réalisés, grâce auxquels il est permis d'entrevoir leur emploi pratique dans l'industrie.

M. le Président pense que, dans quelque temps, M. Raoul Pictet aura de nouveau l'occasion d'entretenir la Société de cette question et d'applications nouvelles maintenant à l'étude; il le remercie d'avoir bien voulu nous consacrer une soirée dont chacun des assistants conservera le souvenir. *(Vifs applaudissements.)*

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission suivantes :

MM. P. Azaria, A. Evrard, J.-L.-P. Larivière, P.-H. Michel, P.-J. Vaugeois, comme membres sociétaires;

MM. B. Bijon, A.-P. Billiant, P.-C. de Engelmeyer, J.-B. Grand, J. Hermant, M. Lonquéty, J.-P.-E. Martinez, P.-J. Millet, F. Pinheiro de Carvalho, sont reçus comme membres sociétaires.

La séance est levée à 11 heures un quart.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 17 MAI 1895

PRÉSIDENCE DE M. J. CHARTON, VICE-PRÉSIDENT

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de plusieurs de nos Collègues :

M. A.-F. Collin, membre de la Société depuis 1875, s'était pendant longtemps occupé d'horlogerie et de mécanique de précision. Ses recherches lui avaient valu la croix de chevalier de la Légion d'honneur.

M. O. André, membre de la Société depuis 1867, bien connu par ses nombreux travaux de constructions métalliques et en bois.

M. G.-A. Chayet, membre de la Société depuis 1880. Chevalier de la Légion d'honneur; Administrateur de la Société des Mines de Czeladz.

M. Ch.-E. Coustenoble, membre de la Société depuis 1894. Ingénieur en chef, Directeur de la Compagnie des chemins de fer de Thessalie à Volo, en Grèce.

Enfin M. Ed. Joubert, membre de la Société depuis 1880. M. Joubert fut un des fondateurs de la Banque de Paris et des Pays Bas, dont il était devenu Président. Il était Administrateur des chemins de fer de l'Ouest, de la Société Austro-Hongroise des chemins de fer de l'État et des Chemins de fer Andalous et Portugais.

En 1876, il avait rempli en Égypte, comme délégué des créanciers français de ce gouvernement, une mission qui se termina heureusement, de concert avec M. Goschen, représentant des intérêts anglais. Il avait été, à la suite de cette mission, nommé officier de la Légion d'honneur.

Sa mort est unanimement regrettée de tous ses Collègues.

M. Carrier-Jeuffroy, membre de la Société depuis 1880. Ancien Ingénieur de la Banque de Construction de Rio-de-Janeiro.

Depuis la dernière séance, a paru au *Journal Officiel* la liste des décorations décernées à l'occasion des Expositions d'Anvers et de Lyon.

Sur cette liste, M. le Président relève avec grand plaisir les nominations suivantes :

Légion d'honneur, officiers : MM. F.-D. Mangini, H. Hersent.

Chevaliers : MM. A. Hillairet, A. Marchegay, E. Bullot, A. Duboul, E. Guérin de Litteau, A.-Ch.-A. Huguet, A.-D. Letort, J.-A. Maire, A.-A.-A. Muller, N.-V. Toussaint et E. Camus.

M. LE PRÉSIDENT leur adresse, au nom de tous, ses sincères félicitations.

Aux noms qui précèdent, M. le Président est heureux d'ajouter celui de notre Collègue M. P. Bodin, qui vient d'être nommé chevalier de la Légion d'honneur, à l'occasion de la pose de la première pierre du grand viaduc de Tanus, sur le Viaur (ligne de Carmaux à Rodez).

L'exécution de ce viaduc qui comptera parmi les plus importants de France, a été confié, après concours, à la Société de construction des Batignolles. M. Bodin, chef du service des études techniques de cette Société, est le principal auteur du projet ; en le félicitant, nous espérons qu'il voudra bien nous faire une communication sur cet ouvrage.

M. G. Collin est nommé membre du Comité des voitures automobiles de la course Paris-Bordeaux.

M. Ventre-Bey, Ingénieur en chef de la Daïra Sanieh en Égypte et Correspondant de notre Société, a obtenu le grade de Pacha.

La Société a reçu un certain nombre d'ouvrages dont on trouvera la liste à la fin du procès-verbal de la séance.

Nous avons reçu de la Société des Ingénieurs Américains la lettre suivante qui présente un certain intérêt, et dont il est donné lecture en séance :

« AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS

» *A la Société des Ingénieurs Civils de France.*

» New-York, 4 mai 1895.

» MESSIEURS,

» J'ai l'honneur de vous envoyer un dessin représentant la jauge décimale adoptée par le Comité formé par la Société des Ingénieurs Mécaniciens Américains et l'Association des Industriels Mécaniciens.

» Le 22 du mois dernier le Comité de la Société Métrologique a été chargé de correspondre avec les divers gouvernements et Sociétés des États-Unis d'Amérique en vue de l'adoption d'une jauge métrique.

» Le Comité, dont je suis le Président, est formé du Président de l'Académie Nationale des Sciences, du Président de la Société Métrologique, du Directeur du service des Coast Survey de Washington, du Professeur de physique.

» Nous considérons que l'adoption d'une jauge décimale est un grand progrès, et nous préparons maintenant un travail sur une jauge métrique.

» J'ai aussi le plaisir de vous informer que notre dernière Chambre des représentants a nommé un Comité formé du Secrétaire, du Trésorier, du Directeur de la Monnaie et du Directeur actuel du service des Coast Survey, pour étudier la question de l'adoption du système métrique aux États-Unis.

» Votre dévoué, » EGLETON, *Président.* »

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. E. Asselin, pour sa communication sur *l'épuration préalable des eaux industrielles par l'emploi de l'aluminate de baryte.*

M. E. Asselin pense qu'il est inutile de remonter aux prémices de l'épuration préalable des eaux attendu que tous les membres de la Société connaissent l'importance de la question et les efforts constants faits chaque jour pour donner une solution pratique et satisfaisante à ce problème aussi intéressant que complexe.

Dans toute épuration préalable actuelle, on constate deux phases ou deux périodes. Dans la première phase on se propose d'éliminer le carbonate de chaux, et on a recours à l'emploi de la chaux caustique hydratée, soit à l'état de lait de chaux, soit à l'état d'eau de chaux, dans la seconde phase, on se propose d'éliminer le sulfate de chaux, et on a recours à l'emploi de réactifs divers.

Quelques mots suffiront pour analyser les phénomènes de la première phase.

La chaux a une action nettement déterminée sur l'acide carbonique des eaux crues : elle le sature, et dès lors, le carbonate de chaux primitivement soluble à cause de cet acide carbonique, se précipite conjointement avec le carbonate de chaux formé pas synthèse, c'est-à-dire provenant de l'acide carbonique des eaux et de la chaux additionnée.

Cette épuration ainsi limitée au carbonate de chaux est quasi-parfaite, au point de vue industriel ; d'une part, la réaction est très nette, d'autre part, le prix commercial très peu élevé de la chaux rend l'opération fort économique. Bref, dans l'état actuel de nos connaissances, il parait difficile de faire mieux en ce qui concerne l'ablation du carbonate de chaux.

En octobre 1890, notre regretté Collègue A. Carcenat et M. Derennes ont fait une très intéressante communication à la Société sur l'installation puissante et méthodique de l'épuration préalable des eaux destinées à l'alimentation des locomotives du réseau de la Compagnie du chemin de fer du Nord.

On peut citer à juste titre cette installation comme un modèle à imiter toutes les fois qu'il s'agira d'épurer les eaux seulement carbonatées. Mais l'expérience montre que le plus souvent les eaux contiennent à la fois des carbonates et des sulfates. Le problème à résoudre est donc plus complexe ; il conduit à l'examen de la seconde phase de l'épuration préalable, qui a trait à l'élimination des sulfates de chaux. Ici, les méthodes usitées jusqu'à ce jour sont imparfaites, insuffisantes et présentent des inconvénients divers.

Le réactif le plus fréquemment employé dans cette seconde phase est le *carbonate de soude*. Son efficacité est discutable, il faut le reconnaitre, quand il s'agit de réagir sur de faibles quantités de sulfate de chaux, par exemple, sur des quantités correspondantes à 5° et 6° hydrotimétriques ; de plus, avec ce sel, la partie précipitée se présente sous un état de division extrême de ténuité excessive, qui a pour conséquence d'exiger soit un long repos, soit une filtration d'un système perfectionné.

Tels sont les très réels inconvénients résultant de l'emploi soit du carbonate de soude sec, soit des cristaux de soude, soit de la soude caustique.

Parmi les autres corps qui ont également la propriété de précipiter le sulfate de chaux, on peut citer l'oxalate de soude, qui réagit d'une manière plus complète que le carbonate de soude ; mais là encore, le pré-

cipité, très divisé, se forme lentement, les filtrations sont longues et incomplètes. En février 1879, M. Asselin a soumis à la Société ses idées et ses recherches sur l'application de ce corps à l'épuration préalable, en se basant sur la régénération des oxalates insolubles (produits de l'épuration des eaux crues) en oxalates solubles devant servir à l'épuration de nouvelles quantités d'eau. Cette régénération a pour but de diminuer considérablement le prix de revient de l'épuration exécutée par l'emploi de l'oxalate de soude.

Il y a encore d'autres substances plus ou moins usitées pour éliminer le sulfate de chaux; il est inutile de les énumérer en ce moment.

En examinant les réactions provoquées par ces diverses substances, on constate qu'elles ont toutes un inconvénient commun. Elles donnent *toutes*, par substitution ou réaction chimique, des sels de chaux insolubles, puis des *sels solubles* qui restent en dissolution dans les eaux destinées à la génération de la vapeur. On peut exprimer le même fait en d'autres termes et dire : les précipités provoqués par les réactifs précités retiennent *seulement* la base du sel à éliminer. C'est là un fait regrettable qui conduit à l'obligation de rendre fréquentes les évacuations ou vidanges des eaux des générateurs, car la présence des matières salines solubles engendre des entrainements mécaniques favorisés par la différence de densité entre les eaux du générateur et celles de l'alimentation.

Ainsi donc, dans la pratique actuelle de l'épuration préalable, nous rencontrons, dans la seconde phase, deux *inconvénients principaux :*

1° Manque de netteté des réactions chimiques provoquées, se liant intimement avec les difficultés de filtration;

2° Substitution d'un produit soluble restant dans les eaux envoyées aux générateurs.

Cet état bien constaté, M. Asselin vient préconiser l'emploi d'un corps peu connu qui, à son avis, doit s'imposer dans la pratique de l'épuration préalable. Il s'agit de l'emploi de l'*aluminate de baryte.*

L'aluminate de baryte est un corps soluble dans l'eau; dix parties d'eau environ dissolvent une partie d'aluminate de baryte de la constitution représentée par $BaO\ Al^2O^3$. L'aluminate de baryte est un corps bien défini, cristallisant avec quatre équivalents d'eau; ce fait est mis en évidence en précipitant par l'alcool une dissolution aqueuse d'aluminate de baryte; on obtient une combinaison qui répond à la formule $BaO\ Al^2O^3\ 4HO$.

Il existe également un autre aluminate de baryte répondant très sensiblement à la formule $2BaO, Al^2O^3$. Ce second aluminate est d'une obtention fort délicate, et il n'est pas à considérer pour l'application visée.

On doit reconnaitre que le fait de la solubilité de l'aluminate de baryte est un fait en contradiction flagrante avec des analogies chimiques, avec les similitudes d'action. Alors que les aluminates alcalino-terreux sont insolubles (l'aluminate de chaux est un type parfait d'insolubilité), l'aluminate de baryte fait exception, il est soluble; cette solubilité est la base de toute l'argumentation actuelle. Les quelques propriétés rappelées ont été signalées pour la première fois par un savant français, Henri Sainte-Claire Deville.

Étant donnée une dissolution d'aluminate de baryte, on la fera agir sur les eaux ayant subi l'action de la chaux, c'est-à-dire ayant abandonné la presque totalité du carbonate de chaux qu'elles contenaient.

Dès le contact, la réaction a lieu, il se forme à la fois:

Des aluminates de chaux insolubles;
Du sulfate de baryte insoluble;
Du carbonate de baryte insoluble.

Ici, les sels de chaux des eaux donnent lieu à des précipités qui retiennent *à la fois et la base et l'acide des sels.* C'est là le trait absolument nouveau et caractéristique de l'application de l'aluminate de baryte. Après la précipitation, il n'y a plus aucune substitution de sels solubles provenant de la combinaison soit des éléments constitutifs des sels de chaux, soit des éléments constitutifs du réactif employé, l'aluminate de baryte. Aucun corps industriel connu ne présente cette même réaction; *il faut insister spécialement sur cette circonstance.*

Après avoir constaté la netteté de cette réaction, on doit examiner attentivement les propriétés physiques de la triplicité des précipités obtenus. On y trouvera la solution d'un point fort important pour l'épuration préalable des eaux « la possibilité de la suppression des filtres » qui, jusqu'à ce jour, sont les compagnons assidus des bacs à réaction chimique dans toute installation d'epuration préalable des eaux.

Le sulfate de baryte et le carbonate de baryte constituent des précipités grenus d'une ténuité qui est fonction des conditions physiques dans lesquelles ils ont pris naissance. Il est à noter que ces deux précipités ont des poids spécifiques fort élevés.

Fort heureusement, ces deux précipités prennent naissance en présence d'un troisième, l'aluminate de chaux, qui jouit d'une propriété bien précieuse et bien remarquable pour atteindre le but que l'on se propose. Cet aluminate de chaux, de forme caséeuse, floconneuse, englobe, entraine facilement les parties grenues, fort lourdes d'ailleurs, constituées par le carbonate et le sulfate de baryte. Il se forme avec ces deux sels de véritables laques.

Dans le cas présent, on constate que l'aluminate de chaux possède, en les exaltant, les propriétés clarifiantes si connues de l'alun.

M. Asselin insiste à dessein sur le concours des propriétés de ces précipités.

Il permet de demander pour l'épuration préalable des eaux un volume en bacs qui sera, au maximum, le double du volume de la consommation journalière. On peut exprimer le même fait d'une manière plus concise en disant: on emploiera aujourd'hui les eaux épurées hier.

La suppression des filtres est un facteur d'une importance suffisante pour décider nombre d'industriels hésitants à aborder l'installation de l'épuration préalable.

En résumé, le problème de l'épuration préalable peut se préciser aujourd'hui d'une manière fort simple. Étant donné un volume quelconque d'eau crue, on procède en deux phases:

1° Dans la première, on fait intervenir la chaux jusqu'à la saturation complète de l'acide carbonique; on obtient la précipitation des carbo-

nates de chaux. Dans cette mesure d'action, qui ne vise que les carbonates, cette première phase est parfaite.

2° Dans la seconde phase, il s'agit d'éliminer le sulfate de chaux; pour cela, on aura recours à l'emploi de l'aluminate de baryte, donnant une réaction complète et nette avec le sulfate de chaux et permettant d'obtenir (ce qui n'est pas nécessaire du reste) des eaux exemptes de sulfate de chaux.

La caractéristique de cette méthode est de fournir des eaux épurées de sels de chaux qui ne retiennent aucun produit de substitution, aucune substance soluble.

Enfin, les précipités formés se rassemblent assez complètement pour permettre la décantation au bout de quelques heures, c'est-à-dire la suppression des filtres. Telle est l'esquisse rapide du procédé absolument inédit soumis par M. Asselin.

Voulant ne pas nuire à la rapidité de l'exposé qu'il vient de faire, l'orateur a omis volontairement deux indications intéressantes et sur lesquelles il convient de revenir un instant.

La première a trait à l'emploi de la chaux caustique.

Il a été dit que l'on doit ajouter la chaux jusqu'à saturation complète de l'acide carbonique; il est donc utile et nécessaire de bien préciser le moment et l'époque de cette saturation. Un moyen très pratique de bien apprécier le terme de la saturation consiste dans l'emploi d'une matière colorante bleue, qui vire au rose ou au rouge sous l'influence de la plus petite quantité d'un élément alcalin caustique.

Cet indicateur coloré se rencontre dans le commerce sous forme solide; il est dénommé bleu soluble C4B Poirrier. C'est un bleu de rosaniline sulfo-conjuguée. Cette matière doit être conservée à l'état solide jusqu'au moment de son emploi. Elle est très soluble dans l'eau et douée d'un pouvoir tinctorial intense. Avec une très petite quantité de matière, on peut opérer plusieurs essais, et, pour l'emploi actuel, la dépense est négligeable. C'est là un procédé simple à la portée de tous, et que l'on doit vulgariser pour les opérations de l'épuration préalable.

La seconde indication concerne le mode de formation et d'agglomération de la triplicité des précipités obtenus par l'emploi de l'aluminate de baryte. L'observation montre que les précipités en question se déposent, pour la majeure partie, au bout de dix minutes; à ce moment, il est vrai, l'eau surnageante présente un aspect opalin, attestant par là qu'elle retient encore des parties très ténues en suspension; il faut alors agiter toute la masse, ce qui met en suspension la partie précipitée. Dans ces conditions, on voit les flocons d'aluminate de chaux englober, rassembler et finalement entraîner l'ensemble des sels insolubles engendrés; la teinte opaline diminue d'intensité, et, en répétant plusieurs fois pendant la première heure cette opération absolument simple et pratique, on arrive à obtenir un liquide parfaitement clair que l'on décantera pour envoyer au générateur.

En résumé, on peut, au bout de douze heures, opérer la décantation des eaux claires épurées chimiquement par ce procédé.

Il reste maintenant à dire quelques mots de la fabrication de l'aluminate de baryte. Tout d'abord, pour réaliser cette fabrication, il vient

naturellement à l'esprit de s'inspirer du mode actuellement pratiqué sur une grande échelle, pour la fabrication de l'aluminate de soude.

La bauxite, matière première de la fabrication de l'aluminate de soude, sera également la base de la fabrication de l'aluminate de baryte. Puis, nous nous adresserons aux carbonates de baryte, en choisissant, ce qui est important, des carbonates artificiels, c'est-à-dire des carbonates obtenus par précipitation chimique.

En effet, le carbonate de baryte naturel, ou withérite, amené à l'état de la plus grande division que puissent donner les broyeurs ordinaires, présente encore un état d'agrégation qui est peu favorable pour entrer en réaction chimique. Avec les carbonates précipités, nous avons une meilleure réaction, c'est-à-dire un rendement supérieur. Les deux corps sont mélangés dans le rapport des relations atomiques et additionnés de 5 à 10 0/0 de houille pulvérisée; le tout sera bien mélangé et amené à l'état de pâte consistante par un mélange de moitié eau et moitié de goudron. On fait ainsi des briquettes ou des agglomérés, qui sont envoyés à un four à réverbère pour y subir une calcination, au rouge cerise clair, pendant trois heures. On défourne la matière, qui n'a rien perdu, pendant sa calcination, de sa forme physique. On lessive à 100°, et on a une dissolution d'aluminate de baryte.

Un second procédé git dans l'emploi de la bauxite, du sulfate de baryte naturel, ou barytine, et du charbon.

Dans ce procédé, il faut envisager deux périodes :

1° La production du sulfure de baryum, produit de l'action du charbon sur le sulfate de baryte;

2° La réaction de l'alumine de la bauxite sur le sulfure de baryum.

L'emploi de la vapeur surchauffée joue un rôle prépondérant dans la seconde période de ce procédé; son intervention doit se produire à un moment précis de l'opération.

A l'heure actuelle, il y a encore beaucoup d'incertitude dans cette intervention, et c'est à l'avenir de fixer les règles de la réaction de cette seconde période. Il faut ajouter que la réalisation industrielle de ce procédé est chose fort désirable; car il met en œuvre deux matières naturelles dont les gisements sont abondants en France.

Les deux procédés de fabrication de l'aluminate de baryte que l'on vient de citer donnent des rendements variables avec les conditions d'expérience, telles que: division plus ou moins grande des matières; présence de la vapeur d'eau; addition de goudrons.

On transforme en aluminate soluble des quantités variant entre le tiers et la moitié de l'alumine des bauxites employées. Par suite de cette variabilité, il est difficile, pour ces deux procédés, de préciser un prix de revient.

Un troisième procédé qui donne de bons rendements consiste dans l'emploi de la bauxite et de la baryte *caustique hydratée cristallisée*.

Les matières mélangées suivant les proportions indiquées par leurs équivalents sont introduites dans un four à réverbère et portées, pendant deux heures, à la température du rouge sombre. On obtient ainsi une solubilisation des neuf dixièmes de l'alumine de la bauxite em-

ployée. C'est là un rendement très industriel. Comme le prix de la baryte caustique hydratée cristallisée est relativement élevé, ce procédé est assez coûteux ; il faut l'employer néanmoins en attendant des jours meilleurs, c'est-à-dire les perfectionnements qui ne peuvent manquer de surgir dans une fabrication naissante ayant pour objectif l'emploi du carbonate de baryte, et mieux encore l'emploi du sulfate de baryte et de la bauxite.

Avec les cours actuels de la baryte caustique hydratée cristallisée, on peut indiquer le prix de 80 *f* les 100 *kg* pour le prix de revient de l'aluminate de baryte. Ce prix est déjà inférieur à celui de l'acide oxalique.

Dans l'hypothèse de la réalisation de ces perfectionnements, M. Asselin se propose de revenir, dans une communication ultérieure, sur cette question importante de l'abaissement du prix de revient, d'autant plus qu'il faut ajouter, dès maintenant, qu'elle se lie intimement avec une autre considération actuellement à l'étude, celle de l'utilisation des résidus provenant de la seconde phase de l'épuration, c'est-à-dire de la réaction de l'aluminate de baryte sur le sulfate de chaux.

M. Asselin termine en disant qu'il a tenu à soumettre tout d'abord aux membres de la Société ses vues nouvelles sur l'épuration préalable des eaux, et il estime que ceux qui partagent ses convictions feront œuvre utile en voulant bien vulgariser l'application dont il vient d'être question.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Asselin de son intéressante communication. L'épuration des eaux est une question très importante, et tous les procédés pratiques qui consistent à éliminer les matières incrustantes présentent le plus haut intérêt. Pour que l'application de celui si bien exposé par M. Asselin soit rendue d'une façon courante tout à fait industrielle, il est à souhaiter que le prix de l'aluminate de baryte puisse être ramené à un taux peu élevé.

M. ASSELIN répond que c'est là un desideratum à réaliser.

M. E. DERENNES, sans examiner pour le moment quels sont les meilleurs moyens de débarrasser de sulfate de chaux l'eau destinée aux chaudières, prend occasion de la communication de M. Asselin pour signaler l'intérêt qu'il y a à éliminer ce sel, même lorsqu'il est en petite quantité.

Il rappelle que le carbonate et le sulfate de chaux ne se comportent pas de la même manière dans les eaux incrustantes : tout le carbonate de chaux se dépose dans les premiers moments de l'ébullition, tandis que le sulfate de chaux, qui est soluble à raison de 2 *g* à 2,5 *g* par litre à la température ordinaire et qui l'est encore à raison de 0,8 *g* à 1 *g* dans les conditions de marche des chaudières, ne se précipite qu'à partir du moment où l'eau est saturée de ce sel.

D'après cela, soit une eau chargée de carbonate de chaux et d'un peu de sulfate de chaux, 0,05 *g* par exemple ; dès la mise en service de la chaudière, tout le carbonate se précipite, à mesure que l'eau arrive à la chaudière, mais le sulfate ne se déposera qu'après un temps de marche suffisant pour que l'eau soit concentrée au 15e ou au 20e de son volume.

Admettons qu'il faille vingt jours pour arriver à cet état de saturation. Si on lave tous les quinze jours il ne se déposera que du carbonate de

chaux sans sulfate; et on sera tenté de conclure qu'on supprimera toute incrustation en épurant l'eau à la chaux seule, qui élimine les carbonates. Et de fait, si on nettoie les chaudières après quinze jours d'alimentation à l'eau ainsi épurée, ce résultat est atteint.

Mais le premier bénéfice qu'on veut retirer de l'épuration est de supprimer ou de rendre moins fréquents les nettoyages. De ce qu'on ne trouve pas d'incrustations après quinze jours, on conclut à tort qu'on peut continuer à marcher sans nettoyage, et qu'après un, deux ou trois mois il n'y aura encore que des quantités insensibles d'incrustation. En réalité, à partir du 20e jour dans les conditions ci-dessus supposées, le sulfate de l'eau arrivant à la chaudière se dépose en totalité, ordinairement à l'état de croûtes dures.

Ainsi donc, alors qu'avec l'eau non épurée, une petite quantité de sulfate de chaux est sans inconvénient et ne laisse même pas soupçonner sa présence, avec de l'eau épurée à la chaux elle devient une cause d'incrustations dures, quand pour profiter des avantages de l'épuration on espace davantage les nettoyages.

On peut d'ailleurs obvier à cet inconvénient sans recourir à l'élimination chimique préalable des sulfates, en pratiquant des extractions dans la chaudière avant que l'eau ait été saturée de sulfate. Ainsi dans l'exemple précédent on peut bien supprimer les nettoyages, mais à la condition de renouveler complètement l'eau tous les quinze jours, ou, si l'on préfère, par moitié toutes les semaines. Mais ce sont des précautions qu'on pense rarement à prendre.

M. de Rycerski demande s'il existe un procédé nouveau pour fabriquer la baryte caustique cristallisée qui joue un rôle très important dans le procédé de M. Asselin. En 1872, M. de Rycerski a fabriqué la baryte caustique au moyen du sulfate de baryte provenant de Fleurus, en Belgique; mais cette fabrication, très coûteuse, n'a pas donné de bons résultats et elle a dû être abandonnée.

M. Asselin dit que le seul progrès fait dans la fabrication de la baryte caustique consiste à traiter le sulfate de baryte naturel. En dehors des gisements de Fleurus, nous avons des gisements en France dans la Loire-Inférieure et dans le Puy-de-Dôme. Pour fabriquer la baryte caustique, on place dans un four du sulfate de baryte et du charbon, mais il faut que le four soit conduit d'une manière précise afin d'éviter la réoxydation du sulfure produit. C'est là un point extrêmement délicat.

Enfin M. Asselin déclare que si on pouvait obtenir la baryte caustique aux deux tiers du prix actuel, l'industrie sucrière serait des plus prospères.

M. le Président donne ensuite la parole à M. J. Euverte pour sa communication sur *la Métallurgie à l'Exposition de Lyon en 1894*.

M. J. Euverte expose que s'il pouvait un jour venir à l'idée de quelqu'un d'écrire l'histoire de l'industrie métallurgique pendant la dernière moitié du XIXe siècle, les Expositions universelles constitueraient une source de renseignements d'une utilité incontestable.

L'industrie métallurgique a parcouru, depuis 1878, une de ces grandes

étapes qui doivent appeler l'attention, et il est certainement très intéressant de rechercher aujourd'hui quel a été le chemin parcouru, et par quels procédés ont été réalisés les progrès dont l'existence est bien constatée.

Peut-être aurait-on dû faire cette étude à la suite de la grande Exposition de 1889; mais, à cette date, certaines transformations n'étaient point encore arrivées à leur forme définitive, ou bien encore, on ignorait les causes principales de progrès devenus évidents par les spécimens mis sous les yeux du public.

L'Exposition de Lyon, en 1894, est venue compléter ce qui était resté un peu dans l'inconnu, à la suite de celle de Paris en 1889; certains produits nouveaux accompagnés d'explications plus détaillées, peut-être parce que les faits eux-mêmes étaient mieux connus, ont apporté la lumière sur bien des points restés obscurs en 1889, et il est devenu possible, à l'heure actuelle, d'exposer d'une manière plus complète, la situation de cette grande industrie, dont les progrès ont été si remarquables pendant les trente dernières années.

M. Euverte pense que pour arriver à une appréciation sérieuse de l'état présent, il est utile de faire un retour rapide sur le passé; c'est surtout la comparaison entre les dates extrêmes, qui permettra d'apprécier exactement ce qu'a été le chemin parcouru; et pour arriver à ce résultat, il lui parait utile de procéder à une revue rapide des diverses Expositions universelles depuis 1855.

A cette date, première grande manifestation française, on constate, en ce qui concerne la métallurgie, l'existence d'une industrie déjà puissante, mais éparpillée sur le territoire, chaque groupe industriel vivant sur lui-même, avec les matières premières produites dans la région même, dont il s'agissait de tirer le meilleur parti possible.

En 1867, plusieurs faits considérables avaient apporté une modification profonde à cette situation.

Les moyens de transport s'étaient développés et avaient donné aux diverses usines la possibilité d'ajouter à leur approvisionnement courant des minerais de qualité supérieure, provenant de l'Algérie, de l'Espagne, de l'île d'Elbe, etc.

D'autre part, à la même époque, la fabrication de l'acier fondu en grandes masses entrait dans la pratique courante, à la suite de la création *du procédé Bessemer*. Aussi pouvait-on constater une différence considérable entre 1867 et 1855.

La marche progressive dans les voies nouvelles subit dès lors une accélération dont les effets durent être constatés à l'Exposition de 1878.

A la suite des malheurs de la guerre de 1870, on avait dû créer à nouveau une grande industrie de production de fonte, dans l'Est. Cette création coïncidant avec les progrès considérables réalisés à cette époque pour les appareils à air chaud, et dans tout l'outillage des hauts fourneaux, enrichit la France d'un nouveau groupe métallurgique, plus puissant que tous les anciens centres de production de fonte.

La fabrication de l'acier avait pris un développement considérable; le procédé Bessemer était entré, de plus en plus, dans la pratique courante,

et, d'autre part, le four Siemens-Martin était venu donner aux industriels le moyen de produire plus aisément et à leur volonté, des aciers de diverses qualités.

Aussi, était-il possible de constater, à l'Exposition de 1878, qu'un chemin considérable avait été parcouru dans cette voie. Les procédés d'investigation scientifique, soit par l'analyse chimique, soit par l'étude des propriétés physiques des produits obtenus, étaient passés dans la pratique courante des grandes usines et avaient contribué dans une large part à la réalisation des progrès mis en lumière. Puis était apparu le procédé *Thomas Gilchrist*, grâce auquel les fontes phosphoreuses pouvaient être transformées en acier par le procédé Bessemer ; c'était là encore un progrès considérable, dont l'influence devait contribuer à un nouveau développement de la grande industrie métallurgique de Meurthe-et-Moselle.

Il faut ajouter enfin que, pendant la période de 1855-1878, les nécessités de la défense nationale avaient apporté à l'industrie métallurgique un élément nouveau d'activité et de progrès dans tous les sens.

Les blindages de navires qui étaient représentés à l'Exposition de 1855, par des plaques de 0,10 *m* d'épaisseur, fabriquées au Creusot et à Rive-de-Gier, en vue de l'attaque des forts de Kinburn, apparaissaient en 1878 sous la forme de plaques de 0,30 à 0,80 *m* d'épaisseur dont le poids s'élevait jusqu'à 65 000 *kg*, présentées au Champ-de-Mars par le Creusot, Saint-Chamond, MM. Marrel frères, Montluçon, etc.

L'artillerie avait également demandé aux usines des pièces de dimensions et de poids considérables, dont les visiteurs de l'Exposition de 1878 ont dû garder le souvenir.

Cette situation, en ce qui concerne l'armement national, s'était encore accentuée au moment où le public était appelé à visiter l'Exposition de 1889 à Paris, continuée par celle de 1894 à Lyon. Des transformations considérables s'étaient produites dans l'installation des usines ; on avait construit de puissantes presses à forger qu'on avait installées à côté des énormes marteaux-pilons, dont les spécimens avaient été présentés au public en 1878.

La plaque de blindage en fer, remplacée par la plaque d'acier en 1876, à la suite d'essais importants faits par le Creusot en Italie, avait trouvé une concurrence sérieuse dans la plaque mixte, fer et acier, inventée par M. Wilson ; celle-ci, à son tour avait eu à subir la concurrence des plaques en acier au nickel, fabriquées par le Creusot, et aussi de celles en acier spécial, nickel-chrome, fabriquées par les usines de Saint-Chamond.

Puis M. Harvey, ingénieur américain, eut l'idée d'appliquer aux plaques de blindages le procédé depuis longtemps connu *de la cémentation*, et c'est sur ce point qu'est engagée, à l'heure actuelle, la lutte entre les grandes usines de France, d'Angleterre et d'Amérique. Cette lutte s'est étendue avec la même intensité, à la fabrication des projectiles de rupture, et là encore, les industriels français, Jacob Holtzer, Firminy, Saint-Chamond, Saint-Etienne, Marrel frères, etc., ont remporté de brillants succès.

Les usines françaises ont soutenu cette lutte, depuis plus de vingt

ans, avec un avantage incontestable; ce résultat tient surtout à l'excellente méthode d'investigation pratiquée par les industriels français.

M. Euverte entre à cet égard dans les détails les plus complets; il met sous les yeux de la réunion un tableau représentant des nombreux diagrammes d'essais mécaniques, pratiqués sur des aciers de compositions chimiques les plus diverses; il annonce que l'un des prochains *Bulletins* de la Société contiendra un mémoire complet reproduisant cette communication.

M. LE PRÉSIDENT remercie très vivement M. Euverte de nous tenir ainsi au courant des progrès de la métallurgie. Son exposé si complet et si intéressant de l'histoire de cette industrie depuis l'Exposition de 1855 montre que l'honneur d'un grand nombre des progrès remarquables réalisés revient à des membres de notre Société, et que la France tient toujours un rang très élevé dans la métallurgie.

M. H. RÉMAURY estime que la communication de M. Euverte est trop importante pour n'être pas suivie d'une discussion. Il exprime donc le vœu que cette discussion ait lieu après la publication du mémoire dans le Bulletin.

M. LE PRÉSIDENT dit que l'idée de M. Rémaury est excellente, et dès que le mémoire sera imprimé, on fixera la date de la discussion.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. C.-N. Dillon, E.-L. Duchesne, L. Mercier, A.-T. Taveau, J.-L.-A. Duris, comme membres sociétaires.

MM. P, Azaria, A. Evrard, I.-L. Larivière, P.-H. Michel, G.-I. Vaugeois, sont reçus membres sociétaires.

M. le comte de Chambrun est nommé membre honoraire.

La séance est levée à 11 heures un quart.

RETRAITES
ORGANISÉES PAR LES COMPAGNIES HOUILLÈRES
AU PROFIT DES OUVRIERS MINEURS

PAR

M. A. GIBON

CONSÉQUENCES MORALES ET MATÉRIELLES DE LA LOI DU 29 JUIN 1894

Au moment où la loi du 29 juin 1894 est sur le point d'entrer en application, le comité technique de la ligue nationale de la prévoyance et de la mutualité a pensé, qu'il ne serait pas sans intérêt d'exposer au Congrès des Sociétés savantes, les organismes divers des retraites, instituées par l'initiative privée des Compagnies houillères, au profit des ouvriers mineurs ; il a bien voulu me charger de cette mission. Je me suis efforcé de répondre à sa confiance.

Cette question est assez complexe, non pas certainement au point de vue des faits, qui se rapportent aux organisations créées par les diverses Compagnies ; mais en considération des liens qui existent, entre ces organismes et la loi qui va être appliquée, et qu'il m'a paru impossible d'écarter de l'exposé des faits, en raison de ses conséquences morales et matérielles, notamment en ce qui touche ses résultats financiers.

Dans cette situation, si je me trouve fort à l'aise pour exposer l'historique des retraites organisées par les Compagnies, il n'en peut être de même pour l'appréciation de la loi et de ses conséquences : je puis parler au nom du Comité, qui m'a fait l'honneur de me déléguer, pour la première partie de la question ; mais, pour la seconde, mon devoir est de réserver absolument sa manière de voir, et de ne parler qu'en mon nom personnel.

Mon étude se trouve ainsi divisée en deux parties :

Dans la première, je traite de tout ce qui a été fait par les Compagnies houillères du Nord, du Pas-de-Calais, de la Loire, de Bessèges, du Creusot, de Montceau-les-Mines. Je n'ai pas la prétention de tout dire, mais je ne dirai rien sans préciser l'autorité ou les documents sur lesquels je m'appuierai.

Dans la deuxième partie, j'expose mon sentiment personnel sur la loi; je cherche ses conséquences, au point de vue de l'harmonie dans l'industrie, et aussi, au point de vue financier.

La position étant ainsi définie, j'entre en matière sans plus long préambule.

PREMIÈRE PARTIE

RETRAITES ORGANISÉES PAR LES COMPAGNIES HOUILLÈRES

AU PROFIT DES OUVRIERS MINEURS

Caisses de retraites des ouvriers des Compagnies d'Anzin, du Nord et du Pas-de-Calais.

Le fonds de retraites des ouvriers de la Compagnie d'Anzin comprend deux éléments : l'ouvrier y coopère par une cotisation régulière de 1 1/2 0/0 de son salaire; puis, la Compagnie s'impose une contribution identique; l'ensemble est versé à la Caisse nationale des retraites sur la vieillesse, et les sommes afférentes à chaque ouvrier, sont portées sur un livret individuel, au fur et à mesure des versements mensuels. L'ouvrier en a ainsi la propriété ferme, absolue, définitive et intégrale; et si, pour une raison quelconque, il quitte la Compagnie, il emporte ce livret avec lui et peut continuer ses versements, qui sont joints aux précédents sur son livret, pour lui constituer une retraite viagère. Si l'ouvrier reste attaché à la Compagnie, la retraite, ainsi formée, se trouve augmentée, en faveur de ceux qui ont un certain nombre d'années de service, d'une majoration annuelle de 3 *f* pour l'ouvrier célibataire, de 6 *f* pour l'ouvrier marié. La pension est réglée à l'âge qui a été déterminé à l'origine des versements, du fait d'un accord entre l'ouvrier et la Compagnie. Si l'ouvrier est marié et meurt avant sa femme, celle-ci a droit à moitié de la pension (1).

Si nous restons dans le Nord de la France et si nous empruntons

(1) M. Vuillemin, administrateur délégué de la Compagnie houillère d'Aniche, dans le n° 35 de la deuxième série de ses nombreux opuscules, sur toutes les questions qui intéressent principalement les houillères du Nord et du Pas-de-Calais (juin 1886), établit qu'en 1885 la Compagnie d'Anzin a distribué à ses actionnaires 1 872 000 *f* de dividende, et dépensé, pour ses institutions patronales, 1 118 334,99 *f*, soit par ouvrier 99,88 *f*; sur cette somme, celle de 276 772,65 *f* était affectée au service des pensions.

quelques chiffres aux travaux de M. Ch. Ledoux, que nous aurons occasion de citer souvent au cours de cette étude, nous notons que, dans l'exercice 1888, les allocations volontaires et spontanées des Compagnies houillères, au profit des institutions patronales, atteignent et dépassent souvent celles déjà si généreuses de la Compagnie d'Anzin ; voici ces chiffres pour les Compagnies principales en 1888 :

Compagnie	d'Anzin . . .	1 567 757 22 *f*	soit 136 *f*	par ouvrier,	ou 12 0/0	du salaire.
—	de Courrières.	368 394 00	— 104	—	9 0/0	—
—	de Douchy . .	211 352 00	— 155	—	13 0/0	—
—	de Liévin. . .	341 720 00	— 133	—	15 0/0	—
—	de Béthume .	500 000 00	— 163	—	16 0/0	—
—	de Nœux. . .	595 520 00	— 146	—	(?)	—
—	de Lens 1885.	821 000 00	— 133	—	15 0/0	—

Ces chiffres comprennent les allocations pour les retraites. Plusieurs de ces allocations sont sensiblement plus élevées que celle d'Anzin, qui est, comme on vient de le voir, de 1 1/2 0/0. Je n'ai pas les renseignements pour les préciser, mais je me contenterai de supposer que ces diverses Compagnies ont fait au moins ce qui a été fait à Anzin; et alors, calculant sur un versement global de 3 0/0 représentant, pour ce groupe, environ 40 *f* par an, et admettant un service complet, pour tout ouvrier, pendant la période de quinze ans à cinquante-cinq ans, avec les bonifications de temps de service concédées par Anzin, on obtiendra, à la caisse de retraites pour la vieillesse, des retraites approximatives de 370 *f* pour l'ouvrier non marié et de 460 *f* pour l'ouvrier marié.

M. Vuillemin, administrateur d'Aniche, dans son opuscule n° 33, deuxième série, en date du 23 mars 1886, s'adressant officiellement à la Commission parlementaire, chargée de l'examen du projet de loi sur les Caisses de retraites et de secours des ouvriers mineurs, déclare à cette Commission que la presque totalité des Compagnies houillères du Nord et du Pas-de-Calais, — et, il ajoute, même de la France, — possèdent des Caisses de secours qui sont en même temps des Caisses de retraites et que ces Caisses, servent des pensions aux ouvriers âgés, devenus impropres au travail, à leurs veuves et à leurs enfants.

Déjà, du reste, en décembre 1883, les exploitants du Nord et du Pas-de-Calais avaient fait des déclarations analogues, devant une Commission parlementaire chargée d'élaborer un projet de loi sur les retraites des ouvriers mineurs.

Caisse de retraites des Compagnies houillères de la Loire.

Ce district houiller comprend un nombre important de Compagnies, qui toutes ont créé des institutions patronales diverses et notamment des Caisses de secours et de retraites; mais les quatre grandes Compagnies de cet important bassin houiller, celles de Saint-Étienne, de la Loire, de Montrambert et de la Béraudière, au moment où elles se sont constituées, après le démembrement de la Société unique formée de leur ensemble, ont jugé qu'elles devaient rester solidarisées, en vue de consolider les garanties des pensions fondées en faveur des ouvriers invalides, ou des veuves et des enfants orphelins des ouvriers morts dans l'exercice de leur travail. Tout ouvrier passant d'une de ces Compagnies à une autre conservait l'intégralité de ses droits, et, pour y satisfaire, ces Compagnies ont alors décidé la création d'un fonds de réserve spécial, largement doté; en outre, au même moment, elles ont constitué également des Caisses de retraites pour les vieillards, ayant travaillé dans leurs exploitations communes un temps déterminé, et ont voulu que des délégués-ouvriers fussent attachés à l'administration de ces caisses; enfin, elles ont fixé comme suit l'importance des pensions :

Pour les ouvriers infirmes, 365 *f* par an; pour les veuves, 219 *f*; pour les enfants des ouvriers infirmes ou orphelins, et les enfants des ouvriers morts par accident, 91,25 *f*.

Pour les ouvriers âgés de plus de cinquante-cinq ans, ayant trente ans de service effectif, dans les exploitations diverses des grandes Compagnies solidarisées, le minimum assuré a été de 300 *f* par an, cette pension s'accroissant de 25 *f* par année de travail supplémentaire, au delà de trente ans.

Il était pourvu à ces différents services, par un prélèvement sur le salaire des ouvriers et par une subvention égale, consentie par les Compagnies; le fonds de garantie était établi sur les mêmes bases, et, de plus, tous les dons et legs étaient appliqués au fonds de garantie.

L'administration de cette caisse fut confiée à un conseil, composé d'un nombre égal de délégués des exploitants et de délégués élus par les ouvriers.

Plus tard, les autres Compagnies houillères de la Loire se sont unies à ce mouvement, et formant une association avec les quatre

Compagnies déjà citées, se sont toutes solidarisées dans les mêmes vues; il est juste de les citer sans distinction :

Ce sont : La Chazotte, Saint-Étienne, La Loire, Beaubrun, Montaud, Porchère, Monthieux et Villebœuf, Gros, Reveux, Janon, Barraillière, Rive-de-Gier, Firminy, Montrambert, Saint-Chamond et le groupe qui porte le nom de « Compagnies dissidentes »; mais, qui s'est ici réuni à ses confrères. On voit, du reste, que ces seize Compagnies représentent l'ensemble du bassin.

Les conditions que je viens de résumer sont appliquées depuis 1868, et ce sont elles qui serviront de base à la liquidation des caisses, imposée par la loi de juin 1894.

En ce qui concerne particulièrement la Compagnie de Montrambert, elle a cessé depuis douze années (1883) de prélever aucune retenue sur le salaire de ses ouvriers; elle alimente seule les trois caisses de malades, de blessés et de retraites. Elle n'a pas à subir la liquidation imposée, par la loi du 29 juin 1894, aux Compagnies qui constituent les retraites avec le concours de leur personnel. En outre, en 1890, elle a amélioré, par un règlement spécial, qui reste maintenu, les allocations temporaires et les retraites dans les conditions suivantes :

Les blessés atteints d'invalidité permanente reçoivent 547,50 *f* par an, au lieu de 300 *f*.

Les veuves des ouvriers morts à la suite de blessures, 273,75 *f* au lieu de 180 *f*.

Les pensions de retraite allouées aux ouvriers du fond, ayant cinquante-cinq ans d'âge et trente ans de service, dont au moins vingt ans de service au fond, touchent 547,50 *f* par an. Ceux du jour, comme ceux qui n'ont pas vingt années de service au fond, toucheront 456,25 *f*. Ces pensions de 547,50 *f* et de 456,25 qui remplacent le taux primitif de 300 *f*, s'accroissent, d'ailleurs, comme il était dit aux statuts antérieurs, de 25 *f* par an, pour chaque année de service supplémentaire. Ces majorations ne sont accordées qu'aux ouvriers encore attachés à la Compagnie de Montrambert, à la date fixée pour la retraite.

Les veuves reçoivent la moitié des pensions allouées à leurs maris; de plus, il est servi aux ouvriers infirmes, âgés de cinquante ans et ayant vingt-cinq ans de service, une retraite diminuée de 25 *f* par an, pour chaque année en dessous de cinquante-cinq ans, la base de cette retraite étant toujours de 547,50 *f* pour les ouvriers du fond et 456,25 *f* pour ceux du jour.

Les majorations de toute nature, ne sont concédées qu'aux ouvriers qui n'ont eu avec la Compagnie aucune difficulté juridique; ceux qui ne sont pas dans ces conditions, jouiront néanmoins des statuts antérieurs à 1890.

La Compagnie de Montrambert observe, en dernier article de ce règlement de 1890, qu'*il devra prendre fin au moment de l'application de la loi sur les Caisses de secours et de retraites;* mais, comme elle est en dehors de la loi, puisque sa Caisse de retraites est exclusivement alimentée par la Compagnie, nous voulons espérer qu'elle maintiendra l'organisation généreuse instituée par le règlement de 1883 et améliorée par les dispositions de 1890.

Caisse de retraites de la Compagnie houillère de Bessèges.

M. J.-B. Marsaut, Ingénieur en chef de la Compagnie houillère de Bessèges, a publié en 1889 un travail très complet sur l'organisation des Caisses de secours, de retraites, d'épargne, de gratifications, du compte des libéralités et des magasins de subsistance fondés par cette honorable Compagnie qui, sous l'action généreuse de l'esprit élevé de son directeur, M. Ferdinand Chalmeton, a toujours tenu un rang très remarqué, parmi les Compagnies qui ont eu le plus à cœur les institutions patronales, les plus complètes et les plus variées, appliquées au personnel des houillères.

Au point de vue historique, spécial à la Caisse des retraites, il est juste de dire, que le travail de M. Marsaut a été fait au moment où la Compagnie a reconnu qu'elle avait engagé l'avenir avec imprévoyance; M. Marsaut a eu parfaitement raison d'éclairer la situation de cette caisse, et, *en ce qui intéresse la liquidation*, il a eu la bonne fortune, de convaincre la plupart de ses nombreux ouvriers par l'action, intelligente et dévouée, des mandataires nommés par eux-mêmes, comme administrateurs de cette importante institution. Nous retrouvons là, sous une forme spéciale et dans une circonstance délicate, les Conseils des Sociétés de Bascoup et Mariemont, nés eux-mêmes des Conseils de conciliation de Nottingham (1). La conviction étant faite, on a dû liquider cette Caisse de retraites fondée en 1873; elle avait fonctionné quinze années. Le travail de M. Marsaut montre combien cette liquidation a été laborieuse et donne une idée, de ce qui peut se produire de diffi-

(1) Voir le *Génie Civil* de mars et avril 1895.

cultés dans cette liquidation des charges de certaines Caisses de retraites, instituées spontanément par les Compagnies, dont s'occupe, en ce moment même, la Commission arbitrale instituée par la loi du 29 juin 1894.

Nous n'avons pas à nous occuper ici de cette liquidation (1) complexe. Il nous suffira de préciser l'organisation des retraites qui a succédé à cette liquidation, elle est très simple.

Depuis le 1er janvier 1888, la part de la Compagnie, dans les deux œuvres de retraite et de secours, représente 5,25 0/0 du total des salaires payés à l'ensemble du personnel, et la part des ouvriers, dans les mêmes institutions, est de 5 0/0 de leur salaire. La répartition de ces tantièmes s'opère de la manière suivante : pour les retraites, la Compagnie alloue une subvention égale à 2 0/0 du salaire, les ouvriers 3 0/0; pour la Caisse générale de secours, malades et blessés, la Compagnie fournit 3,25 0/0, les ouvriers 2 0/0, en totalité, la Compagnie et les ouvriers fournissent à ces caisses un peu plus que 10 0/0 du salaire total, et ces conditions sont en parfait accord entre la Compagnie et les ouvriers depuis 1888. Cet accord s'est établi régulièrement, dans une Commission formée, en nombre égal, de représentants de la Compagnie et de mandataires des ouvriers.

Telle est l'organisation financière, mais il y a plus à dire : l'Administration de la houillère de Bessèges, a voulu laisser à ses ouvriers, la liberté absolue de faire ou non partie de la Caisse de retraites ; elle engage son personnel, elle donne l'exemple, elle cherche à convaincre, elle ne contraint pas. Ce principe entendu, et, sans parler des liens de liquidation, qui peuvent exister entre certaine catégorie d'ouvriers et l'ancienne caisse, nous restons pour la nouvelle, en face de sa ressource de 5 0/0 des salaires, au profit de ceux qui veulent se constituer une retraite. Avant de mesurer ce que ces versements peuvent produire, voyons de suite la fraction des ouvriers qui songent à l'avenir :

Au 1er janvier	1888. .	609	ouvriers sur	2 193	ont refusé tout versement.
—	1889. .	708	—	2 262	—
—	1890. .	764	—	2 244	—
—	1891. .	930	—	2 290	—
—	1892. .	921	—	2 214	—
—	1893. .	891	—	2 162	—

(1) *Caisses de secours et de prévoyance de la Compagnie houillère de Bessèges*, par M. J. B. Marsaut. Imprimerie Chaix, Paris.

On peut noter que, parmi les ouvriers, qui apportent leur contribution à la Caisse de retraites, se trouvent ceux qui faisaient partie de l'ancienne caisse; que ces anciens, ont des avantages particuliers, et représentent au moins le tiers du personnel; tandis que les ouvriers, qui, depuis 1888, font partie de la nouvelle caisse, ne forment guère plus du quart de ce même personnel. Dans cette situation, on pouvait craindre que le nombre des abstentions ne suivît toujours une marche croissante et proportionnelle à l'extinction des anciens. C'est dans cette situation que la loi du 29 juin 1894 intervient pour imposer à tous l'obligation de concourir à la constitution de la retraite. Beaucoup pourront s'en réjouir et penser que l'imprévoyance est ainsi domptée; ils diront, non sans raison, que l'ouvrier ne veut pas voir, à vingt ou vingt-cinq ans, qu'un jour il en aura soixante, et qu'alors ses forces trahiront sa volonté; qu'il ne veut pas voir qu'avec une faible pension il peut être accueilli volontiers par ses enfants, bien que lui-même, à vingt-cinq ou trente ans, dans toute la force de l'âge et de la production, refuse quelquefois d'aider ses vieux parents invalides! Nous répondrons à ces considérations en parlant de la loi nouvelle; mais, si nous revenons à nos calculs, nous trouvons que les ouvriers de Bessèges peuvent se constituer, par les versements collectifs de 5 0/0 de leur salaire, à la Caisse nationale des retraites pour la vieillesse, des pensions variées suivant l'âge et la durée des versements. En voici les chiffres approximatifs :

En admettant cinquante-cinq ans pour l'âge de la retraite, la pension, d'après l'étude de M. Marsaut, pourra atteindre les valeurs suivantes, suivant l'âge initial des intéressés dont les versements sont supposés ininterrompus pendant toute la période du travail; suivant aussi le salaire des intéressés, nous jugeons ces chiffres comme des maximums :

A partir de	20 ans.	600 *f*
—	25 —	466
—	30 —	375
—	35 —	295

Si l'âge de la retraite était avancé à cinquante ans, ces taux seraient réduits respectivement à 300, 254, 204 et 160 *f*.

L'ouvrier a donc un très grand intérêt à maintenir ses versements jusqu'à l'âge de cinquante-cinq ans et au delà.

Nous avons laissé de côté et avec intention, la liquidation de la caisse de 1873; c'est là une œuvre de la première heure, transformée depuis 1888, elle ne serait que d'un intérêt secondaire pour la question qui nous occupe.

Nous n'aurions pas voulu quitter le Gard, sans parler des institutions patronales et, surtout, des retraites organisées par la Compagnie de la Grand'Combe. Nous savons qu'elles sont très largement dotées, mais nous n'avons pas de renseignements suffisants pour donner des chiffres et pour en préciser l'organisation; nous avons le devoir de nous abstenir.

Caisse de retraites de la Société Schneider et Cie au Creusot.

Chacun sait que le Creusot est une des gloires industrielles de la France. Il est classé à cette place d'honneur au titre de métallurgiste et de constructeur de machines; ces deux titres ne nous permettraient pas de le comprendre parmi les établissements qui ont organisé des retraites au profit des mineurs, s'il n'avait comme annexes : les houillères de Monchanin en Saône-et-Loire, la Machine près Decize (Nièvre), Montaud-Saint-Étienne (Loire), Brassac (Puy-de-Dôme). On comprendra facilement que nous soyons heureux de pouvoir signaler le Creusot au nombre des Compagnies que nous citons comme exemples : car, il n'est pas en France et peut-être au monde, un établissement qui ait fait plus et mieux pour son nombreux personnel, dont le total dépasse 12 000 ouvriers et dont les subventions et libéralités, pour les institutions patronales qu'il a fondées, s'élevaient en 1888 à 1 632 000 *f* (1).

Cette somme importante comprend 430 000 *f* pour les retraites et 65 000 *f* pour les pensions, en totalité pour retraites et pensions 495 000 *f*; le chiffre total assure en outre les frais de l'entretien des églises et chapelles et les frais conséquents de l'exercice du culte; le service des écoles s'élève à 172 000 *f*; le développement et l'entretien des logements pour les ouvriers 305 000 *f*; des libéralités aux bureaux de bienfaisance, réparties généralement aux ouvriers, qui peuvent se trouver momentanément dans des situations difficiles, 82 000 *f*; des chauffages gratuits ou à prix réduits

(1) Rapport de M. E. Cheysson sur les institutions patronales du Creusot à l'Exposition universelle de 1889. Pages 500 à 505.

260 000 *f*, Caisse de secours aux malades et blessés 213 000 *f*. Nous n'avons à nous occuper ici que des retraites; mais, les indications et chiffres résumés que nous donnons, présentaient trop d'intérêt aux deux points de vue, moral et matériel, pour être laissés dans l'ombre.

Nous reprenons la somme appliquée aux retraites et pensions 495 000 *f*.

La pratique des retraites n'a été réglementée, au Creusot et dans l'ensemble de ses annexes, qu'en 1877, il y a dix-huit années. Les retraites sont proportionnées aux salaires et à la durée des services, leur pratique est un acte absolu de libéralité. MM. Schneider et C^ie^ font, chaque trimestre, de leurs deniers et à titre de don volontaire, les versements nécessaires à la Caisse nationale des retraites en vue d'en assurer le service. La somme versée représente 5 0/0 du salaire global, 3 0/0 au profit de l'ouvrier, 2 0/0 au profit de sa femme; les intéressés, mari et femme, ont un livret collectif qui constitue une propriété personnelle, définitive, irrévocable et se traduit par une rente viagère, très variable, en raison de la grande variété des salaires, du simple au double et au triple, mais que nous estimons devoir être au minimum de 300 *f* pour les ouvriers qui remplissent le simple rôle de manœuvre et qui arrivent à une durée de service de quarante ans. Le personnel du Creusot est très stable.

Le Creusot a fondé une maison de retraite qui est une véritable maison de famille; soixante-cinq vieillards des deux sexes y sont entretenus gratuitement; la direction de cette maison est aux mains des sœurs de l'ordre de Saint-Joseph de Cluny.

Enfin MM. Schneider et C^ie^ ont fondé depuis 1888 un hôpital de cent dix lits; ils ont consacré à sa construction 300 000 *f*; une fondation privée assure à cette œuvre, une somme de près de un million.

L'ensemble de ces œuvres sociales a donné la paix et la confiance qui la consolide. On se demande quels bienfaits des lois sociales peuvent apporter, dans un milieu où tout est prévu pour assurer la plus parfaite harmonie !

Caisse de retraites des ouvriers de la Compagnie houillère de Blanzy (1).

Nous trouvons dans la notice, toute récente, que la Compagnie de Blanzy a présentée au Jury de l'Exposition universelle de Lyon, en 1894, les détails les plus intéressants et les plus complets sur l'historique et l'organisation de cette Caisse de retraites.

En exposant les conditions si généreuses, appliquées par les Compagnies de la Loire et spécialement par celle de Montrambert, nous rappelions qu'en 1868, toutes les houillères importantes de ce puissant bassin, avaient décidé de se solidariser pour consolider les garanties utiles aux retraites de leurs ouvriers. Quatorze ans plus tôt, le 25 janvier 1854, M. Jules Chagot réunissait ses ouvriers du fond et leur tenait un langage paternel dont voici la substance :

« La Compagnie de Blanzy m'a chargé de vous apporter la bonne nouvelle de la fondation d'une Caisse de retraites en votre faveur. Elle assure aux ouvriers célibataires des pensions variant de 180 *f* à 240 *f*; aux ouvriers mariés, de 240 *f* à 300 *f*, avec réversibilité de moitié sur la tête de leurs femmes. Cette institution complète celles fondées, en 1834, qui comprenaient une Caisse de secours subvenant aux charges, conséquentes des maladies, et à celles, qu'entraînent les blessures permanentes et la mort. Elle a en vue également d'assurer, aux veuves et aux orphelins, des pensions qui les préservent de la misère. La Caisse de secours était mutuelle; la Caisse de retraites récompense le travail, la bonne conduite, le dévouement; la Compagnie en prend les frais à sa charge. »

Tel était, en résumé, le langage de M. Jules Chagot en 1854.

En 1881, la Compagnie modifie profondément le régime des retraites, elle en conserve toutes les charges; mais elle admet les ouvriers du jour à en bénéficier comme les ouvriers du fond; elle fixe à trente années, la durée minimum du travail, et l'âge à cinquante-cinq ans; elle établit, en outre, des retraites proportionnelles, qui peuvent être accordées à l'âge de quarante-cinq ans, et après vingt années de travail quand l'ouvrier est frappé d'infirmités précoces.

Le chiffre de la retraite est sensiblement majoré; il peut s'élever

(1) *Notice sur les mines de Blanzy*. Chagot et Cie. Exposition universelle de Lyon. Imprimerie Rajaud frères, Montceau-les-Mines.

jusqu'au maximum de 900 *f*, et, en dehors de ce chiffre, les retraités jouissent de la faculté d'envoyer leurs enfants aux écoles fondées par la Compagnie, d'obtenir les denrées alimentaires à prix réduits, de recevoir également les secours médicaux et le chauffage gratuitement. Ces avantages augmentent au moins de 150 *f* par an le chiffre de la retraite. La moitié de la retraite est toujours réversible sur la tête de la femme et des enfants (1).

La Compagnie, à la date de 1881, en prenant ces mesures, leur a donné un effet rétroactif, c'est-à-dire que tous ses ouvriers retraités, à cette date, ont été admis à jouir sans délai de tous ces nouveaux avantages.

Il convient de noter, que les retraites ne représentent qu'une partie limitée de l'ensemble des charges que la Compagnie de Blanzy s'impose pour ses institutions patronales ; en effet, dans l'exercice 1892-1893, le total alloué par la Compagnie, pour les retraites, a été de 151 022,68 *f* ; l'ensemble des charges de ses institutions patronales s'est élevé à 1 626 000 *f*.

Nous ne parlerons pas de ces institutions ; mais nous ne pouvons nous dispenser de dire un mot de l'une d'elles : la constitution du patrimoine (2). Cette question touche de trop près celle des retraites pour qu'elle ne trouve pas ici sa place.

Pour M. Jules Chagot, qui en a favorisé dès 1854 la constitution, ce patrimoine consistait dans le foyer et dans la terre, c'est-à-dire dans l'acquisition si difficile, si impossible en général pour l'ouvrier, de sa maison et d'un terrain suffisant pour un jardin capable de fournir largement les légumes utiles aux besoins de la famille. Pour réaliser cette pensée si élevée, si morale, la Compagnie de Blanzy fit l'acquisition de terrains convenables, divisa ces terrains en lots de 20 à 25 *a*, traça des routes et des rues pour faciliter l'accès à la mine et les relations des familles, et fit les avances nécessaires, sans intérêt, aux ouvriers désireux de jouir de ces importants avantages. Elle fit également des avances d'ar-

(1) On peut se demander si ces actes de générosité sont basés sur des résultats industriels absolument assurés, s'ils ont un caractère de grande durée. Que se passera-t-il pour Blanzy d'ici un siècle, d'ici cinquante années, trente années ? La richesse d'une houillère s'épuise chaque jour, la concurrence industrielle est souvent violente, sans bornes et sans frein. Nous formons des vœux pour la permanence de telles œuvres inspirées par les sentiments les plus élevés ; nous ne saurions affirmer que leur durée puisse être indéfinie, la Compagnie prélève sur ses bénéfices les fonds utiles à leur service, c'est-à-dire sur le résultat du travail ; si elle devait établir une organisation financière, qui pourrait en garantir le bon fonctionnement indéfini, elle hésiterait probablement ; mais olle donne tout et ne prend rien à personne, c'est un point important à noter.

(2) Voir notre étude sur *le Patrimoine de l'ouvrier*, 1885. Guillaumin et Cie.

gent à des ouvriers qui avaient des terrains à eux, puis, elle compléta son œuvre, en engageant les ouvriers à contracter une assurance, sur la vie, représentative de la valeur de sa maison, afin, qu'en cas de décès prématuré, la propriété pût rester à la famille.

1 079 ouvriers, chefs de famille, étaient, en 1888, propriétaires de leurs maisons et des terrains avoisinants; 113 ouvriers, en 1893, étaient en voie de construire, d'autres en instance. On peut dire qu'aujourd'hui, la moitié des chefs de famille des ouvriers de Montceau-les-Mines, qui en totalité s'élèvent à 3 710, sur plus de 6 000 ouvriers, sont propriétaires de leurs maisons; ils ont donc leur patrimoine et le nombre s'en accroît chaque jour.

Voilà, Messieurs, les conséquences d'un patronage dont j'ai le regret de ne pouvoir vous dire toutes les œuvres.

***

Je ne saurais mieux terminer cet exposé de l'action personnelle des Compagnies et de leur initiative bienfaisante, qu'en résumant en quelques lignes les rapports et conférences de MM. O. Keller et Ch. Ledoux sur l'ensemble des institutions patronales organisées par les Compagnies houillères depuis un demi-siècle.

M. O. Keller, dans son rapport remarquable sur les institutions patronales, diverses et multiples, fondées par les Compagnies houillères en faveur de leurs ouvriers, expose avec les détails nécessaires qui répondent à l'enquête ordonnée par le ministre des Travaux publics, tout ce qui a été fait par les Compagnies aux points de vue du culte, des écoles, du foyer, de l'économie de la vie, des caisses de secours, traitements et médicaments des blessés et des malades, allocations pendant les chômages, chauffage à prix réduits; il étudie ces services, comme celui des pensions, pour tous les districts houillers de la France : le Nord, le Pas-de-Calais, la Loire, le Gard, la Saône-et-Loire, l'Allier, le Tarn, l'Aveyron, Decazeville et Carmaux. M. O. Keller rend justice complète aux chefs d'industrie qui ont si largement rempli leurs devoirs. Dans ses conférences de 1890 à l'École libre des sciences politiques sur l'organisation du travail dans les mines, M. Charles Ledoux arrive aux mêmes conclusions, et, après avoir établi les charges que les compagnies houillères se sont imposées, qui représentent au moins 50 0/0 des dividendes distribués au

capital absorbé pour la constitution, la mise en exploitation de cette fortune minérale de notre pays; il dit: « Toutes les Compagnies ne sont pas aussi larges que celles du nord de la France, de Bessèges ou de Blanzy; beaucoup, d'ailleurs, ne sont pas assez prospères pour consentir de pareils sacrifices; mais toutes en font, les unes plus, les autres moins, et *il est juste de dire qu'il n'y a pas en France, ni ailleurs, une grande industrie qui montre plus de sollicitude pour ses ouvriers et qui les aide plus généreusement dans tout le cours de leur existence, depuis l'enfance jusqu'à la mort.* »

Si l'on étudiait les rapports de MM. A. Le Roux et E. Cheysson sur les Expositions de 1867 et 1889 des sections de l'Economie sociale, on retrouverait non seulement les témoignages que nous venons de relever pour les Compagnies houillères, mais on les trouverait encore pour les industries diverses, et on aurait la preuve que ces institutions sont très largement répandues dans notre pays et le placent à la tête de toutes les nations, au point de vue spécial du patronage.

Nous passons maintenant à la deuxième partie de notre étude.

DEUXIÈME PARTIE

DISCUSSION SOMMAIRE DE LA LOI DU 29 JUIN 1894

M. Gruner a montré parfaitement, dans un rapport étendu présenté le 17 décembre dernier, à la Société d'économie sociale (1), les conséquences de la loi du 29 juin 1894; son exposé est complet. Je ne saurais mieux faire que d'y renvoyer ceux qui veulent en faire l'étude. Les observations que je crois devoir présenter sont plus particulières aux principes qui ont motivé cette loi, à l'ensemble des faits qui lui sont antérieurs, aux conséquences qu'elle fait entrevoir; enfin aux difficultés et aux dangers que présentent les lois sociales.

Depuis que les pouvoirs publics cherchent à résoudre par les lois, des questions, dont la solution délicate et difficile, d'un caractère variable, paraît bien plus du domaine privé que du do-

(1) Voir la *Réforme sociale* du 1er mars 1895.

maine de l'État, les Compagnies houillères ont le privilège de fixer particulièrement leur attention et celle du pays. Le travail du mineur apparaît à la Société, comme exceptionnellement pénible; c'est un labeur inconnu, mystérieux, qui émeut; la législation doit faire une place à part aux ouvriers, qui cependant le choisissent librement, et que leur intérêt y assujettit. Pour leur créer cette place, ou pour le tenter, on n'hésite pas à imposer une loi d'exception aux Compagnies qui exercent cette industrie.

Loin de nous la pensée de méconnaître la gravité des accidents qui se produisent dans les houillères (1); les explosions causées par le grisou ou par le feu, par telle cause que ce soit, frappent aussi rapidement que la foudre; mais bien plus cruellement, puisqu'elles anéantissent vingt, cinquante et quelquefois plus de cent existences en un instant, alors qu'un coup de foudre tue ou blesse une ou deux personnes; des événements, comme celui qui vient de se produire à Blanzy, sont terrifiants. Cependant, je crois pouvoir affirmer qu'en dépit de ces catastrophes, les mineurs aiment leur profession; du reste, les statistiques des accidents du travail, très complètes et très sûres, en Allemagne comme en France, surtout pour les mines, donnent ce témoignage : que les accidents mortels en moyenne, pour mille ouvriers et par an, sont pour ainsi dire, identiques dans l'industrie des transports, dans la construction des voies de communication et dans les mines de houille ; ils ont atteint et dépassé, *trois pour mille ouvriers* et par an en Allemagne, pour ces industries diverses ; en France, pour ces mêmes industries, le chiffre de *deux pour mille* n'a pas même été atteint (2). Ce résultat, qui fait grand honneur aux Compagnies houillères de notre pays, qui, généralement, appliquent avec sévérité les principes préventifs préconisés par les grandes industries et principalement par l'Association libre des industriels de France, contre les accidents du travail ; et, auprès de ce chiffre en dessous de deux pour mille, il convient de rappeler, qu'à l'âge moyen des ouvriers, la mortalité naturelle est de vingt à trente pour mille, c'est-à-dire plus que décuple.

(1) Nous parlons uniquement dans cette étude de l'exploitation des houillères, parce que, en France, elles occupent 130 000 personnes, au fond et au jour, quand le personnel des autres mines ne s'élève qu'à 16 000.

(2) Voir le Rapport de M. O. Keller, ingénieur en chef des mines, sur l'enquête ordonnée par le Ministre des Travaux publics, *Annales des mines 1884*, Baudry et C^ie^; Voir également notre enquête personnelle *Accidents du travail et l'industrie*, pages 95 et 203; et la même étude, pages 61 à 70, Guillaumin et C^ie^.

En fait, il n'y avait aucun motif pour édicter une loi spéciale contre l'industrie houillère : d'abord, parce que cette industrie est établie sur des droits identiques à ceux des autres industries; les mines sont une propriété perpétuelle, disponible et transmissible comme tous autres biens (1); puis, parce que les Compagnies houillères ont appliqué en faveur de tous leurs ouvriers les institutions patronales les plus généreuses. La loi de 1810, qui est encore leur charte, avait prescrit des mesures, qui ont été formulées et précisées par un décret de 1813; ce décret dit simplement : 1° que, si l'exploitation compromet la santé des ouvriers mineurs, il y sera pourvu par le Préfet; 2° que les exploitants seront tenus d'entretenir sur leurs établissements, dans la proportion du nombre de leurs ouvriers et de l'étendue de l'exploitation, les médicaments et les moyens de secours qui leur seront indiqués par le Ministère.

Les exploitants ont-ils satisfait à ces prescriptions? Non seulement on peut répondre affirmativement à cette question; mais les enquêtes officielles, qui ont été prescrites par l'Administration supérieure, et aussi, celles qui ont été faites par l'initiative privée, des publications nombreuses, les Expositions universelles de 1867 et de 1889, qui ont fait une large place aux faits qui touchent à la science sociale, ont donné la preuve qu'il n'existait pas une exploitation de quelque importance, où, depuis de longues années, les chefs d'industrie n'eussent organisé, par leur initiative privée et généreusement doté, les institutions patronales les plus salutaires. Ces institutions, dont nous avons cité quelques exemples pour les retraites seulement, justifient ces paroles de M. Audiffret, député de la Loire, rapporteur du projet de loi voté le 29 juin 1894. « Notre proposition, dit-il, se borne à sanctionner un état de choses existant; car, les ouvriers mineurs participent déjà aux caisses de secours et de retraites dans la proportion de 98 0/0 (2) ». M. le député Audiffret, qui est un laborieux, un homme de bien, très préoccupé des difficultés sociales actuelles, reconnaissait, par cette déclaration honorable et justifiée, le mérite d'une situation entièrement due à l'initiative privée, à la liberté, aux sentiments les plus élevés du devoir éclairé de l'industrie vis-à-vis de son personnel. Comment a-t-il pu conclure de cette situation, qu'une loi était nécessaire pour la sanctionner?

(1) Loi de 1810, art. 7.

(2) *Génie Civil*, du 28 juillet 1894.

Pourquoi n'a-t-il pas dit, au contraire, que l'édifice construit par tant de bonne volonté et de labeur, méritait d'être signalé à toutes les autres, par les pouvoirs publics, que ces pouvoirs n'avaient rien à imposer, quand l'action individuelle et l'initiative privée faisaient si largement leur devoir ; et que le Gouvernement devait se borner à donner à de tels actes la plus large publicité. Toute loi qui édicte des dispositions d'ordre général pour n'en faire application qu'à une catégorie limitée de citoyens, est une anomalie (1), elle consacre une injustice ; mais encore, si le Gouvernement voulait une loi, ne pouvait-il considérer le Comité central des houillères de France comme une Commission extraparlementaire et lui demander son avis motivé dans un rapport spécial ? Les membres de ce Comité avaient tous fait assez d'efforts en vue de la paix et de la bonne harmonie, pour mériter cet hommage ; un acte de cette nature eût été de sage politique, il eut été aussi un témoignage de respect et de confiance dans l'avenir ; il eut pu conduire à la concorde un personnel toujours agité, souvent irrité par certains politiques qui se servent bien plus de lui qu'ils ne le servent ; il eût surtout maintenu le lien si précieux des bons rapports et le témoignage de l'action bienveillante et généreuse des Compagnies ; enfin, il eut peut-être fait juger par les Chambres que la loi était inutile et peut-être même dangereuse.

Si, du moins, elle devait se borner à l'industrie houillère, si on avait la patience d'attendre les effets qu'elle produira, son application, serait une expérience et rendrait peut-être des services. Malheureusement, il est à craindre qu'on ne sache pas attendre ; la logique, si puissante dans notre pays, et la passion plus puissante encore, voudront qu'on fasse pour tous ce qui a été fait pour un cas particulier, non justifié, comme nous croyons l'avoir prouvé.

Cette loi, du reste, présente des difficultés qui en ont retardé l'application ; promulguée le 29 juin 1894, elle devait entrer en vigueur à la date du 1er janvier 1895 ; mais une loi nouvelle en a remis l'application au 1er juillet prochain et l'agitation actuelle qui s'organise dans divers districts, par les députés socialistes, démontre combien ces difficultés sont réelles.

A nos yeux, le principe de l'obligation est excessif ; quel que soit le caractère très louable du but à atteindre, la liberté reste

(1) *Réforme sociale*, du 1er mars 1895, page 423, M. Darcy, Président du Comité central des houillères d France.

un principe supérieur qu'il convient de respecter ; la société doit faire tous ses efforts pour entraîner et développer le sentiment de la responsabilité.

A notre époque de démocratie souveraine, et malgré des mécomptes pénibles et parfois même douloureux, nous ne voulons pas perdre confiance dans la liberté, pour arriver au bien ; l'exemple doit nous y conduire et les bons exemples sont nombreux. La morale plus que toute autre action imposera ses devoirs, surtout quand on lui aura rendu la place qui lui est due. Ce sont là les armes pacifiques et loyales qu'il faut employer vis-à-vis des chefs d'industrie. Les obligations légales, en matière sociale, ne doivent pas être imposées à l'homme qui dispose pour ces questions de son libre arbitre et de sa parfaite indépendance.

On sait que la loi traite des retraites et des caisses de secours, nous parlerons d'abord des retraites et des mesures transitoires et réglementaires qui font l'objet du titre IV de la loi.

Le titre IV est relatif aux dispositions transitoires et réglementaires. Les mesures imposées ont un caractère très délicat : nous avons vu que, tout ce qui avait été réalisé par les Compagnies au point de vue des pensions créées en faveur de leurs ouvriers, était *œuvre de bienveillance spontanée* et avait pour but et aussi pour effet d'assurer des intérêts communs. La loi décide que tous les résultats acquis de ces institutions, comme ceux non encore acquis mais promis, seront réglés par une Commission arbitrale. Il ne pourra être dérogé à cette prescription que du fait de conventions, librement intervenues, entre les exploitants et leurs ouvriers ou employés. La liquidation ne sera pas imposée aux caisses exclusivement alimentées par les Compagnies. C'est là une condition équitable, mais il n'est pas douteux que des difficultés nombreuses se produiront ; la Commission arbitrale fera effort pour les résoudre et sa composition présente toutes les garanties de la plus parfaite impartialité ; mais elle se trouve liée par cette obligation, un peu excessive, de juger, comme absolus, des règlements qui, du fait de l'avenir de l'industrie, ou du fait d'erreurs reconnues pouvaient être modifiés et qui, pour la plupart, au lieu d'être des engagements fermes, ne donnent que des indications générales subordonnées à certaines éventualités. Ce qui s'est produit souvent — et particulièrement à Bessèges, comme nous l'avons signalé au cours de ce travail —, est un exemple ; et malgré les bonnes volontés et les compétences, il est à craindre qu'on ne puisse

résoudre les difficultés à l'amiable et même par l'arbitrage. Dans les règlements qui fixent les conditions des retraites accordées par générosité, on aura de la peine à trouver des droits parfaitement définis; il est à craindre qu'il ne soit nécessaire de recourir aux tribunaux pour juger ces situations.

Dans tous les cas, les dispositions transitoires et réglementaires étant arrêtées amiablement entre les parties, fixées par la Commission arbitrale ou, en dernière analyse par les tribunaux, le passé se trouvera réglé définitivement et les Compagnies comme les ouvriers seront en présence de la loi obligatoire. Les Compagnies qui seules faisaient à leurs ouvriers des retraites variant de 300 *f* à 800 *f*, pourront se conformer à la loi et limiter leur versement à 2 0/0 du salaire et l'ouvrier, qui ne contribuait en rien aux pensions, sera contraint de verser 2 0/0 de son salaire pour les constituer. On peut ajouter que celles des Compagnies houillères qui ne faisaient rien et ne pouvaient rien faire, devant désormais verser 2 0/0, pourront être amenées à réduire le salaire de leur personnel et que, dans les cas de crise, les autres seront peut-être contraintes à suivre cette même voie.

La réduction du salaire, dans des moments difficiles, peut devenir le seul moyen pour les Compagnies de trouver les ressources nécessaires pour satisfaire à la loi.

Nous croyons toujours qu'il eût été préférable pour la paix des exploitations houillères, de laisser subsister l'action de l'initiative privée, en l'étendant par le simple encouragement du Gouvernement, par la considération et les distinctions accordées aux exploitants; les lois sociales, je ne fais allusion qu'à celles qui sont à l'étude, doivent aboutir fatalement à la constitution d'une vaste bureaucratie, qui ne connaîtra plus que l'uniformité; ce sera la négation absolue de l'initiative et de l'action personnelle. C'est ce que veut le socialisme. Non pas, surtout à l'origine, le socialisme d'État, mais fatalement lui-même y est conduit. L'Allemagne avait en 1884, 3 millions d'assurés contre les accidents: elle en a aujourd'hui plus de 18 millions. Ses charges augmentent chaque année, et, parallèlement, les accidents, de 82 000 en 1886, se sont élevés à 165 000 en 1892. L'ouvrier, qui devait être garanti contre tous les risques, voit sa situation de blessé discutée, et, en 1892, sur 25 348 affaires litigieuses, 11 027 ont été mises à l'écart avec refus d'indemnité, par l'Office impérial, le pouvoir suprême des assurances obligatoires. Quant aux litiges, ils vont toujours

croissant : 14 879 en 1890, — 18 423 en 1891, — 22 249 en 1892, — 25 348 en 1893.

Si cette loi, qui a tout aggravé, au point de vue matériel, avait assuré la paix sociale, on pourrait encore s'incliner et même y applaudir, car la paix est un bien qui mérite son prix ; mais il n'en est rien, les discussions n'existent plus entre les ouvriers et les patrons ; elles se produisent entre l'Administration et l'ouvrier qui, blessé et pensionné, reste toujours sous sa tutelle et menacé de voir sa pension réduite, au fur et à mesure qu'on juge son état de santé meilleur. L'ouvrier a toujours intérêt à démontrer qu'il est invalide. Le socialisme d'État ne peut rien faire pour la paix sociale.

En 1890, quand nous avons publié notre étude sur les accidents du travail, nous avons démontré que le grand chancelier avait consenti à défendre les lois d'assurances et à les faire voter par les pouvoirs de l'État, pour satisfaire les socialistes révolutionnaires, et, les socialistes révolutionnaires ont accepté son concours ; mais les socialistes révolutionnaires sont les ennemis déclarés du socialisme d'État et c'est en ces termes que Liebknecht le jugeait, après la concession du prince de Bismarck :

« La démocratie sociale n'a rien de commun avec le prétendu socialisme d'État, un système de demi-mesures, de concessions et de palliatifs dictés par la crainte. La démocratie sociale n'a jamais dédaigné de les mettre en avant et de les approuver, mais elle ne les compte que comme de petites étapes, qui ne peuvent arrêter sa marche vers la régénération de l'État et de la société par les principes socialistes. La démocratie sociale est essentiellement révolutionnaire ; le socialisme d'État est conservateur. »

Le prince de Bismarck n'a pas établi l'apaisement social, mais il a frayé la voie au socialisme révolutionnaire, qui se développe chaque jour avec une redoutable violence ; il se produit dans tous les pays, nous en sommes menacés, nous ne saurons jamais trop le combattre.

Si notre pays veut la paix, il nous paraît que les pouvoirs publics, au lieu de faire des lois de méfiance vis-à-vis des industriels, devraient s'attacher à mettre en évidence tout ce que le patronage fait de bien dans l'industrie, encourager la bonne harmonie, éviter tout ce qui sépare, tout ce qui excite l'antagonisme, favoriser tout ce qui rapproche ; honorer d'une manière éclatante les hommes de bien, les chercher partout, dans tous les rangs de l'industrie. On

l'a dit souvent et je veux le répéter encore, ce sont les mœurs qui font la paix, les lois ne feront jamais beaucoup pour elle : mais les lois peuvent détruire le patronage ; déjà elles le déconsidèrent, et l'une des autorités, citées dans ce travail, a dit, en parlant de la loi sur les retraites des mineurs, qu'elle marquait la fin du patronat. Espérons que le mal n'est pas aussi grave et ne prononçons pas encore l'oraison funèbre du patronage. Les Ingénieurs et chefs respectés de l'industrie, qui ont eu pendant de longues années la direction de nos grandes usines, ont pu juger que le patronage était dans les mœurs. M. Ch. Ledoux, mieux que personne, sait combien le patronage est apprécié à Anzin. C'est ce patronage, c'est-à-dire les bienfaits qu'il répand et les sentiments qu'il inspire, qui ont fait regretter par les ouvriers de cette puissante et généreuse Compagnie, la grève de 1886, et qui lui ont donné la fermeté, témoignée si énergiquement pendant la dernière grève générale des mineurs du Pas-de-Calais, grève qui n'a pu détourner un seul ouvrier des chantiers d'Anzin, malgré les sollicitations et les pressions les plus énergiques, et aussi, malgré l'action directe et violente des meneurs et des politiciens. A nos yeux, c'est toujours le patronage qui reste la sauvegarde des difficultés sociales. Nous entendons le patronage éclairé, qui n'a rien d'absolu ni de fermé, mais qui a le sentiment du bien et qui conduit l'ouvrier à la vie de famille et à l'indépendance par l'amour du foyer, par l'économie de la vie, par le travail permanent, par l'épargne, et, avant tout, par la moralité, qui seule donne aux chefs de famille, patrons ou ouvriers, le sentiment de tous les devoirs.

Conséquences financières de la loi.

Au cours de la discussion qui s'est produite le 17 décembre dernier, lors de l'examen de la loi par la Société d'Économie sociale, et à la suite de l'exposé très clair qui en avait été fait par M. E. Gruner, M. Ch. Ledoux, préoccupé, avec raison, des difficultés matérielles de l'application de la loi, a indiqué succinctement un procédé qui, au premier abord, paraissait devoir les écarter. La conception du procédé est simple et séduisante, mais il nous a paru nécessaire de le soumettre à un examen approfondi ; en voici l'exposé :

M. Ch. Ledoux relève, d'après la statistique officielle du Ministère des Travaux publics, les chiffres du personnel et des salaires pour l'exercice 1893 :

Nombre d'ouvriers occupés	148 445
Nombre de journées de travail.	40 786 000
Montant total des salaires.	166 555 000 *f*
Salaire moyen par ouvrier et par an . .	1 132 *f*
Salaire moyen par jour	4,08 *f*

La loi du 29 juin 1894 imposant le versement de 4 0/0 sur les salaires à la Caisse de retraites, cette Caisse recevra annuellement 6 662 000 *f* et il sera versé au profit de chaque ouvrier par les Compagnies et par lui-même 45 *f* par an.

Si le taux de l'intérêt reste fixé à 3,5 0/0, le barème de la Caisse nationale des retraites montre qu'un versement de 45 *f* par an, commencé par l'ouvrier à quinze ans et poursuivi jusqu'à cinquante-cinq ans, sans autre interruption que celle des trois années de service militaire, donnera droit à cinquante-cinq ans à une pension annuelle de 372 *f*, dont 129 *f* réversibles sur la tête de la femme après décès du mari.

Si, au lieu de verser à la Caisse des retraites les 6 620 000 *f* formés avec les 4 0/0 du salaire annuel, on en opérait la répartition annuelle, le nombre des pensionnés, d'après les résultats d'expérience recueillis aux mines d'Anzin, serait de 12 0/0 des ouvriers en activité ; soit pour 148 445 ouvriers, 17 800 retraités, et en moyenne par retraité 374 *f* (1) : chiffre identique à celui produit par les versements annuels.

La combinaison ne paraît rien laisser à désirer, à la condition d'obtenir l'adhésion de toutes les houillères, constituées en une vaste association d'assurances mutuelles. Sans nous arrêter à la difficulté d'obtenir cette unanimité d'adhésion, nous voulons examiner, avant tout, si ces chiffres sont d'une exactitude absolue ; dans l'affirmative il y aurait à étudier le système, le travail payerait directement les retraites ; et je n'affirmerais pas que le travail offrirait moins de garantie que les caisses de l'État.

Nous savons cependant qu'en France, l'État jouit d'un grand prestige financier, que beaucoup lui confient leurs économies, que les Caisses d'épargne sont le banquier commode du petit commerce, qu'elles servent aux fonds de roulement de bien des ménages, et même que les grands industriels, versent dans ses caisses les fonds destinés aux retraites de leurs ouvriers ; l'État inspire une confiance générale ; cependant j'oserai dire que cette sécurité est peut-être plus apparente que réelle ; car les charges de l'État

(1) Tous ces chiffres sont ceux donnés par M. Ledoux (Voir la *Réforme sociale* du 1er mars, page 430).

vont toujours croissant, et les ressources des particuliers ne paraissent pas suivre la même voie; du reste, quelle que soit la puissance de l'État, il n'est pas à l'abri d'événements, intérieurs ou extérieurs, qui peuvent affaiblir et compromettre son crédit; l'histoire en fait foi. Nous n'insistons pas; mais nous croyons pouvoir dire que le travail présente une garantie non moins certaine et si une combinaison, financièrement solide, pouvait éviter les versements des capitaux de garantie des retraites dans les caisses de l'État, capitaux dont nous allons bientôt mesurer l'importance, et qu'on détourne ainsi de l'activité industrielle et commerciale, au profit d'une majoration fictive des cours des fonds publics, nous croyons que ce serait un grand bienfait. Il ne serait pas moins heureux de pouvoir décharger l'État, de l'administration complexe d'intérêts aussi divers qui, pour les mines seulement, touchent 150 000 individus, et qui, si les pensions, comme on y songe, s'appliquent un jour à tous les ouvriers, intéresseraient quinze millions de personnes et plus, en comptant les pensionnés; mais revenons aux calculs de M. Ch. Ledoux.

Tout son système repose sur cette hypothèse, présentée comme un fait acquis, que le chiffre de 12 0/0, pour les pensionnés de la Compagnie d'Anzin, exprime la proportion exacte des ouvriers retraités, sur une population régulière et constante, soumise au travail de l'industrie des mines.

Nous sommes parfaitement assurés du chiffre de 12 0/0 des pensionnés, déclaré par M. Ledoux pour les ouvriers de la Compagnie d'Anzin et pour le moment présent; mais nous observons que la constitution des retraites à Anzin est relativement récente, et surtout que le nombre des ouvriers employés dans cette houillère, en activité permanente, a varié en croissant sans cesse; ces deux conditions ne nous ont pas paru de nature à permettre d'appliquer ce chiffre de 12 0/0 de pensionnés, à une population normale, soumise au régime de la retraite depuis quarante années (1).

(1) Ces réflexions se justifient par la constatation des faits qui se sont produits, se continuent et s'affirmeront de plus en plus au sujet des retraites organisées par les Compagnies des chemins de fer français, au profit de leur personnel.

Ces Compagnies ont eu la pensée réellement patronale de constituer des retraites en faveur d'une élite de leurs ouvriers, les cadres de cette élite se sont peu à peu étendus, on peut dire aujourd'hui que plus de moitié du personnel de ces Compagnies est assurée d'une pension qui varie du tiers à la moitié de son salaire et quelquefois plus, ce salaire relevé au moment où le repos s'impose.

On a établi des prévisions à l'origine de l'organisation des retraites, toujours elles ont été insuffisantes.

La Compagnie de l'Ouest en 1869, avait jugé qu'une proportion de 8 0/0 suffirait, 1/2 payé par l'ouvrier, 1/2 par la Compagnie; en 1891, la proportion a été élevée à 12 0/0 dont les 2/3 à la charge de la Compagnie.

La Compagnie de Lyon, qui a constitué les retraites dès 1856, a mis à la charge de ses

Ces observations nous ont conduit à prier un de nos collègues du Comité technique de la ligue nationale de la prévoyance et de la mutualité, M. Cohen, actuaire, de vouloir bien étudier la question. Voici le résultat de son examen.

Je transcris la note de M. Cohen :

« L'argumentation de M. Ledoux, dit-il, repose sur cette condition que la population ayant atteint son plein, le montant annuel des retenues réparti annuellement entre les retraités, suffirait pour maintenir la régularité de la pension, sans avoir recours à l'immobilisation des capitaux nécessaires à la constitution de la rente de 372 *f* environ.

» Mais cette condition n'est pas remplie et l'exemple d'Anzin ne semble pas probant.

» La table CR de la Caisse de retraites (à défaut d'une table spéciale à la population minière) montre que, si l'on considère toutes les têtes vivantes à partir de l'âge de quinze ans, celles ayant atteint ou dépassé l'âge de cinquante-cinq ans, représentent environ 26,86 0/0 de la population totale ou 36,72 0/0 de la population active (âgée de quinze à cinquante-quatre ans).

» Si donc, nous considérons une population active fixe d'environ 150 000 mineurs, nous aurons à peu près 55 080 pensionnés recevant en totalité :

$$55\,080 \times 372 = 20\,489\,760 \text{ } f \text{ par an.}$$

» Tandis que 4 0/0 sur 166 555 000 *f* de salaires donnent un produit de 6 662 280 *f*.

» Ce calcul, dit M. Cohen en terminant, n'est pas assez exact pour qu'on puisse l'appliquer rigoureusement; mais il montre la nécessité d'une évaluation sérieuse des charges créées par les retraités (1). »

ouvriers 4 0/0 du salaire, fixant sa subvention à 3 0/0; depuis, cette proportion s'est constamment élevée, elle a atteint 12 0/0 en 1894; on annonce que ce chiffre est insuffisant; et, en effet, les capitaux de garantie qui en 1891, s'élevaient à 101 396 000 *f* placés à la Caisse de retraites pour la vieillesse et rapportant 3,5 0/0, ce qui est une charge pour l'État, produisent environ 3 500 000 *f*, quand déjà en 1891, la Compagnie servait à ses ouvriers 7 790 536 *f* de pensions.

Au Midi, on a adopté en 1856, 7 0/0, dont 3 0/0 par la Compagnie et 4 0/0 par les agents. On arrive aujourd'hui à 18 0/0, dont 3 0/0 seulement en charge du personnel.

Il en est de même partout; on a commencé par 6 à 8 0/0, on est aujourd'hui à 15 et 18, et ce n'est pas suffisant. Le nombre des pensionnés croît sans cesse et le taux d'intérêt se réduit constamment.

Les chefs de toutes les Compagnies voient très bien maintenant où ils vont. La situation est à la fois inquiétante et lourde, elle ne pourra se maintenir et plus que jamais il est de notre devoir de la juger dans sa vérité mathématique.

Les retraites étendues aux travailleurs de tout ordre ne paraissent pas pouvoir être garanties par des capitaux dont le produit aujourd'hui incertain deviendra d'autant plus difficile à obtenir que l'importance du capital sera de plus en plus formidable.

(1) Cette réserve de M. Cohen n'est pas justifiée, un de ses collègues des plus distingués de l'Actuariat nous a confirmé ses chiffres.

Ainsi, d'après ce qui précède, avec une constante de 150 000 ouvriers, de quinze à cinquante-cinq ans, nous n'aurons pas 17 800 pensionnés, quand nous serons arrivés au roulement normal; nous en aurons le triple, 53 000. Il ne suffirait pas de 6 662 000 *f* pour satisfaire aux retraites de 372 *f* : il faudrait 20 490 000 *f*, soit 12 0/0 des salaires au lieu de 4 0/0.

Quand il s'agit de prévoyance, il est très dangereux, comme l'a dit M. Cheysson et, comme nous le pensons tous au Comité technique de la ligue nationale de la prévoyance et de la mutualité, d'introduire l'imprévoyance dans la place. Il est surtout indispensable de voir clair avant d'engager la colossale opération des retraites pour tous les travailleurs manuels. S'il y en a 15 millions en activité, c'est là un chiffre modéré, la France aura 5 500 000 pensionnés et si la pension est de 372 *f* par an, c'est encore un chiffre modéré, il faudra une ressource annuelle de 2 milliards pour y satisfaire. Ici, plus encore que pour les pensionnés mineurs, je renonce à faire le calcul du capital qui pourrait produire un tel revenu; j'observe toutefois que nous sommes bien loin du chiffre de 12 milliards, indiqué par M. Guieysse, actuaire et notre collègue au Comité technique de la prévoyance, au moment où M. Constans a présenté son projet de caisse de retraites à la Chambre des députés. Les combinaisons financières les plus savantes, je me trompe, les plus fictives, les plus illusoires, ne résisteront jamais aux calculs sérieux dont les résultats présentent un capital formidable, impossible à trouver, plus impossible encore à faire fructifier.

Quand les pouvoirs publics de l'Allemagne ont voté la loi sur les pensions, en faveur de l'invalidité et de la vieillesse, loi qui est encore bien loin d'être appliquée d'une manière générale, surtout à l'invalidité, ils ont certainement été effrayés des engagements auxquels ils conduisaient leur pays; et, ce n'a pas été sans raison qu'ils ont fixé l'âge de 70 ans pour les pensionnés au taux moyen de 0, 40 *f* à 0, 50 *f* par jour, soit 160 *f* environ par année. Du reste, et fort heureusement, il est excessif de classer dans la population inactive toutes les personnes âgées de cinquante-cinq ans et plus; le nombre de ceux dont l'activité se prolonge au delà de cet âge est considérable et nous ne l'avons adopté que parce que la loi l'a fixé pour les ouvriers mineurs.

Doit-on conclure de ce qui précède que l'idée de la retraite pour les travailleurs puisse être absolument abandonnée? En principe

ce n'est pas notre avis, loin de là, la pension est trop liée au repos des vieux jours et à la pensée si morale et si chère à la prévoyance, pour que nous ne cherchions pas à la réaliser ; mais nous ne croyons pas qu'une loi générale obligatoire sur les retraites soit pratique, ni qu'une loi de même caractère pour une industrie spéciale soit juste. Il faut, à notre sens, demander la retraite à l'action personnelle et à celle de l'initiative privée ; et, avant tout, il paraît désirable que l'ouvrier, qui est le plus intéressé dans la question, témoigne de sa volonté par un effort personnel. Nous connaissons trop l'ouvrier pour méconnaître les difficultés et les épreuves qui l'assiègent ; le chômage involontaire, auquel on cherche à porter remède et que le patronage seul peut soulager, est certainement le mal qui le frappe le plus durement ; mais le budget de l'ouvrier n'est-il pas trop souvent chargé de dépenses peu réfléchies, malsaines et nuisibles ? Sans nous étendre sur ces divers points, nous dirons seulement que l'ouvrier des villes et des grandes agglomérations industrielles subit l'entraînement du faux luxe, que le café-concert le séduit et que le cabaret lui prend une grosse part de son salaire. Tout récemment les revues et les journaux les plus sérieux, relevaient, d'après la statistique officielle, que depuis 1850 la consommation de l'alcool avait quadruplé en France, elle a atteint en 1894 1 539 839 *hl* et encore, ce chiffre effrayant ne comprend-il pas la consommation soustraite aux droits, du fait de la fraude et du privilège des bouilleurs de cru. Nous ne pouvons préciser la valeur de ce chiffre transformé en eau-de-vie et en liqueurs de toute sorte ; cependant nous croyons pouvoir dire, en supputant les charges des droits et des bénéfices des débitants, qu'il doit être compris entre 1 500 millions et 2 milliards et que la très grande partie de cette dépense est faite par l'ouvrier, dont elle absorbe plus du dixième du salaire. Il peut donc faire quelque chose pour assurer sa retraite ; mais, en dehors de cette action personnelle, de cet effort sur soi-même, il y a encore la puissance de l'association sous toutes les formes, pour l'épargne, pour l'assurance ; il y a les Compagnies mutuelles d'assurances, qui devraient s'organiser et devenir populaires dans notre pays, comme elles le sont en Angleterre et en Amérique ; il y a enfin le patronage de la grande industrie, qui doit aider à la solution du problème et qui est tout disposé à le faire (1). Les syndicats des industries

(1) M. Edmond Peny, Ingénieur, secrétaire général des Sociétés de charbonnages de Mariemont et de Bascoup, vient de publier sous ce titre : *Une expérience en cours pour*

Le rendement définitif est resté cependant faible, à cause du mode même de la transformation de l'énergie calorique en énergie mécanique. Les pertes d'effet dues à la détente incomplète, à l'action des parois et à d'autres causes secondaires ne permettent pas de dépasser, dans les meilleures machines à vapeur, le tiers du rendement théorique du cycle de Carnot, lequel, à son tour, ne représente que le quart de l'énergie potentielle du combustible.

Dans la turbine de Laval, les deux causes principales de faible

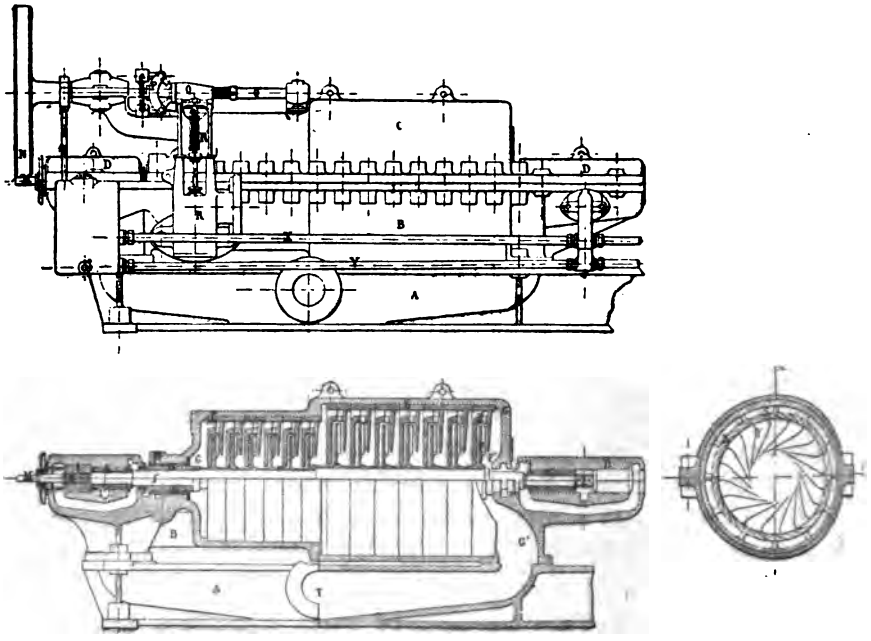


Fig. 1. — Élévation, coupe longitudinale et tranversale d'une turbine centrifuge Parsons.

rendement des machines à pistons sont très heureusement circonscrites.

Nous n'allons pas dire que c'est là une première tentative dans cette voie nouvelle, mais une tentative couronnée de réels succès.

Sans aller trop loin, — car, comme en toute autre chose, on pourrait trouver ici de très anciens précurseurs, — et sans entrer dans trop de détails, nous ferons l'historique d'appareils similaires pour mieux différencier notre appareil de ses congénères et pour mieux en faire ressortir les côtés caractéristiques.

Turbo-moteur Parsons (1884).

Les premières turbines Parsons étaient du type Jouval à circulation parallèle à l'axe de rotation. Elles sont caractérisées par le fait que la chute de pression de la vapeur ne se fait pas d'une seule fois, mais s'opère graduellement, en passant par une série de distributeurs fixes et de roues-turbines. Il en résulte la nécessité de diminuer autant que possible les jeux entre les parties fixes et les parties mobiles pour réduire les pertes de vapeur.

Dans les turbines plus récentes, la vapeur travaille radialement, dirigée en un flux, soit centripète, soit centrifuge.

Turbine centripète (1890) *(fig. 1)*. — Le cylindre de la turbine est en deux parties B et C, boulonnées ensemble. L'arbre J' qui le traverse porte une série de roues mobiles de deux dia-

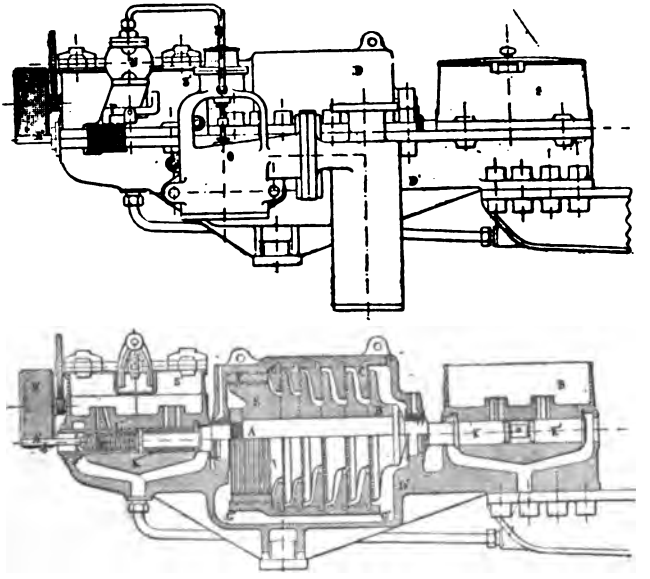


Fig. 2. — Élévation et coupe longitudinale d'une turbine centrifuge Parsons.

mètres différents, afin que la détente se fasse en compound d'une série à l'autre. Toutes portent des ailettes rayonnantes F.

Les couronnes directrices E sont fixées aux demi-cylindres B et C.

Pour diminuer les fuites intérieures et forcer toute la vapeur à traverser les turbines, on ajuste avec précision les pièces tournantes, de manière à ne laisser que le jeu strictement nécessaire pour éviter le frottement.

La vapeur arrive par la soupape réglable R dans l'espace G,

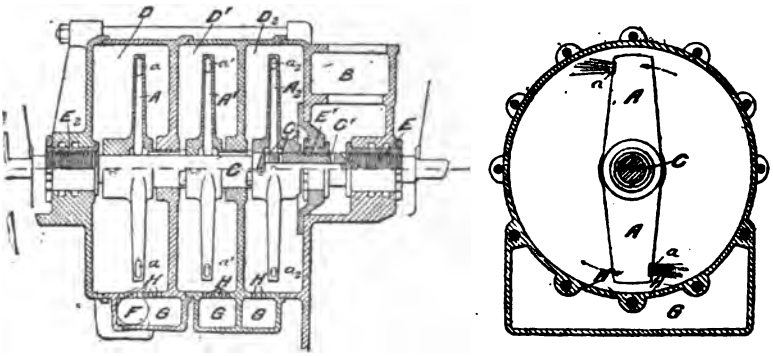


Fig. 3. — Turbine Parsons à réaction.

s'épanouit sur l'écran E', traverse l'espace annulaire S, s'engage dans les distributeurs qui la dirigent, en un flux centripète, sur

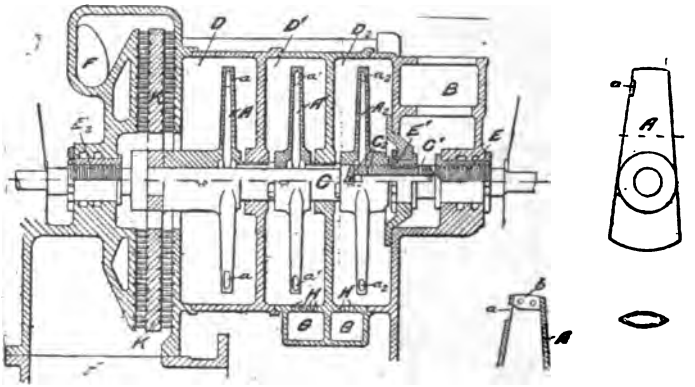


Fig. 4. — Détails de la turbine Parsons à réaction.

les autres réceptrices. D'une turbine elle passe à l'autre en se détendant graduellement.

Turbine centrifuge (1891) *(fig. 2)*. — Dans ce type la vapeur est admise dans l'espace F. Les turbines B calées sur l'arbre A

se touchent par les moyeux dont le diamètre décroit progressivement du côté de l'échappement. La vapeur, après avoir franchi

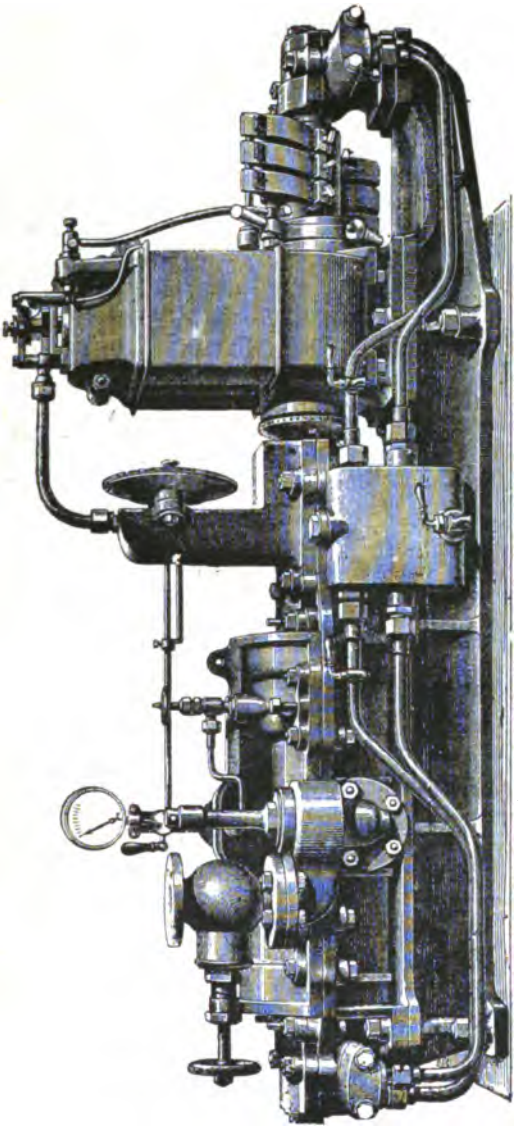


Fig. 5. — Turbo-générateur électrique Parsons.

successivement les différents cercles de directrices fixes de la première couronne C, et des aubes du premier disque mobile B, passe du dernier cercle de B au premier cercle des directrices *c* suivantes, et ainsi de suite, en se dilatant successivement de ma-

nière à s'échapper par G dans l'atmosphère ou au condenseur, sous une faible pression.

L'échappement G communique avec la face extérieure du piston E. Ce piston, garni de nervures circulaires emboîtées dans les rainures correspondantes de son cylindre F, est calculé de

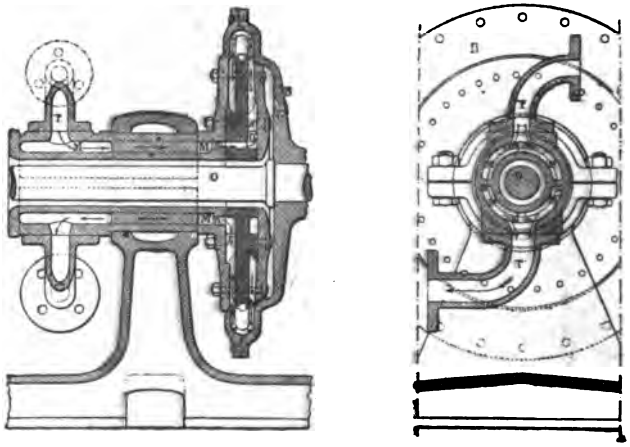


Fig. 6. — Coupe longitudinale et transversale par les tuyaux d'admission et d'échappement de la turbine Dumoulin.

façon à presque équilibrer la poussée de la vapeur qui tend à écarter les disques B des couronnes C.

En dernier lieu, le même inventeur a réalisé un moteur *(fig. 3 et 4)* qui rappelle l'éolipyle de Héron.

La vapeur admise en B pénètre *(fig. 3)* par les trous C′ et C^2 dans le premier bras A_2, d'où elle s'échappe, par les orifices tangentiels *aa*, dans la première chambre D_2; puis elle passe, de cette chambre, par l'orifice annulaire ménagé autour de l'arbre C, dans le second bras A_1... et ainsi de suite jusqu'à la dernière chambre D, d'où elle s'échappe par F, soit directement, soit après avoir épuisé sa force sur une turbine K *(fig. 4)*. Les fuites de vapeur autour de l'arbre C sont évitées par des garnitures cannelées EE_2 et la purge de l'eau de condensation des chambres D_1D_2... se fait dans les poches G, au travers des trous H. La vapeur se détend donc d'un bras A à l'autre, au travers des chambres successives D, D_1...

La figure 5 représente un turbo-générateur électrique Parsons.

Turbine Dumoulin (1886) *(fig. 6 et 7).*

L'enveloppe B, calée sur l'arbre O, peut se mouvoir autour du disque fixe indiqué en doubles hachures sur la figure 6. L'ensemble est divisé en quatre secteurs par les conduits d'admission *aa''* et d'échappement *hh''* *(fig. 7)*. Dans chacun de ces groupes la vapeur admise en *aa''* par TM*m*DD' passe successivement du disque fixe à la couronne de l'enveloppe mobile, puis de cette couronne au disque jusqu'à l'échappement *h''* qui l'amène à l'air libre ou au condenseur, après avoir produit son effet sur les

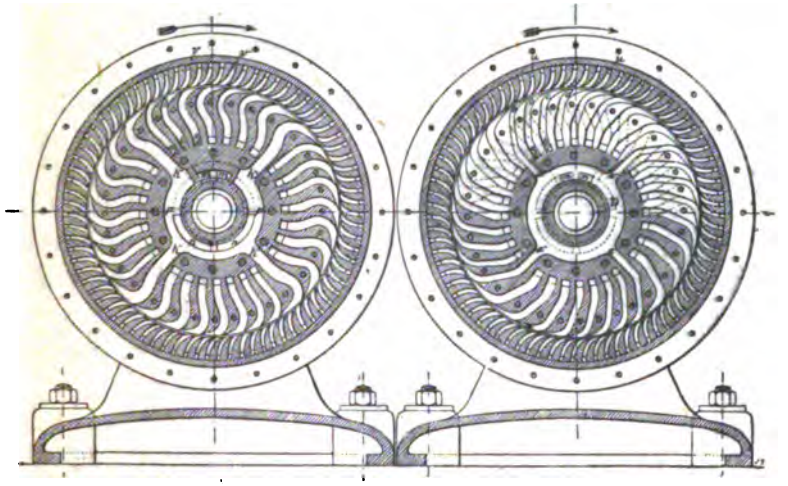


Fig. 7. — Vue de deux faces d'admission et d'échappement de la turbine Dumoulin.

aubes *uv* de la couronne et s'y être détendue jusqu'à la pression de l'échappement.

L'appareil a été étudié pour satisfaire le mieux possible aux conditions indispensables à la libre déviation.

Turbine Dow (1893) *(fig. 8 et 9).*

La vapeur admise par A pénètre par les ouvertures C_4 des rondelles fixes C et les jeux *ii'*, ménagés entre les faces de ces rondelles et celle du disque F calé sur l'arbre D, entre les aubes

d'une première paire de roues EE et les directrices correspondantes des disques *cc*, pour s'en échapper radialement dans une

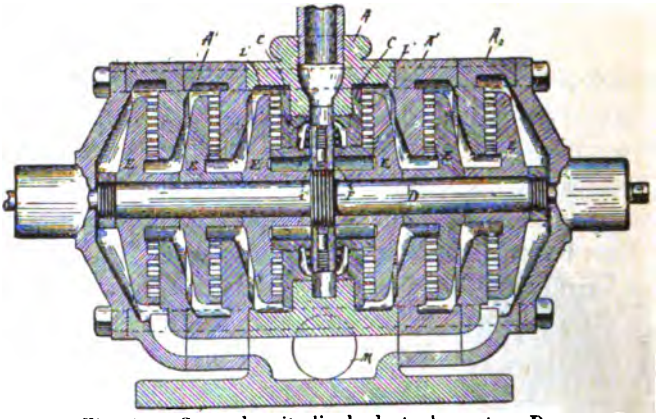


Fig. 8. — Coupe longitudinale du turbo-moteur Dow.

chambre L, d'où elle passe à une seconde paire de récepteurs A'E, puis à une troisième A^2E, d'où la vapeur s'échappe définitivement en M sous une très faible pression.

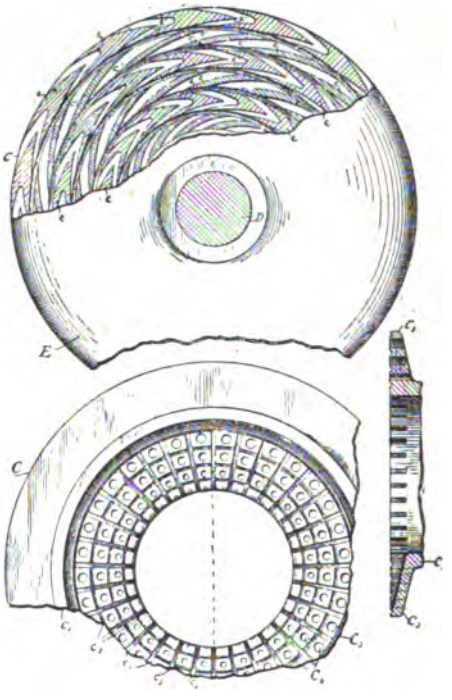


Fig. 9. — Coupe transversale de la turbine Dow.

Le tracé des directrices *cc'* et des aubes *ee'* est nettement représenté sur la figure 9.

La pression à droite et à gauche du disque central F est toujours égale, car, dès que l'effort est plus grand à droite, toutes les réceptrices se porteront de ce côté, le disque F viendra buter contre les rondelles C et fermera les orifices *i* en dégageant *i'*. Une plus grande quantité de vapeur passera de ce côté et le système sera ramené dans sa position normale. C'est une turbine *centrifuge*.

Turbine Edwards (1892) *(fig. 10 et 11).*

Cette turbine à vapeur se compose d'un disque 30 mobile entre deux plateaux fixes 14 et 15 et entraînant l'arbre de couche par le plateau 31. La vapeur admise par 10, 11, 12 et 21 entre le disque mobile et les deux disques fixes s'échappe par 33 après

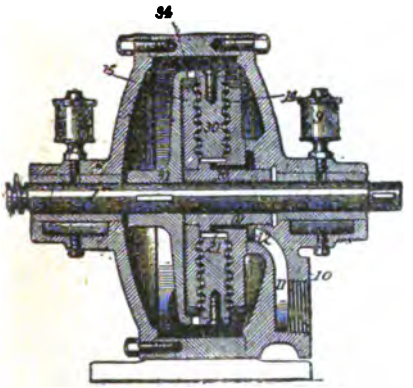


Fig. 10. — Coupe longitudinale de la turbine Edwards.

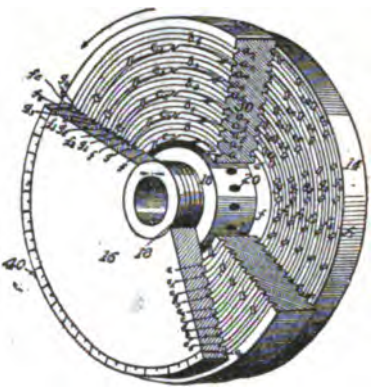


Fig. 11. — Détail des disques de la turbine Edwards.

s'être détendue entre les aubes réceptrices et directrices du moteur. C'est une turbine *centrifuge*.

Le jeu entre le disque moteur et ses plateaux est d'environ 7/100 de millimètre et on peut le régler avec une très grande précision au moyen de verniers 40 *(fig. 11)* tracés sur les plateaux 14 et 15.

Turbine Mac-Elroy (1893) *(fig. 12).*

Dans cette turbine, la vapeur suit un trajet *centripète*. Admise en JH autour du disque moteur A, elle s'échappe du centre G, par *gg*, après avoir parcouru les canaux spiraloïdes K des plateaux F qui vont en s'élargissant vers le centre, de manière à permettre à la vapeur de se détendre en même temps qu'elle réagit sur les aubes du disque A.

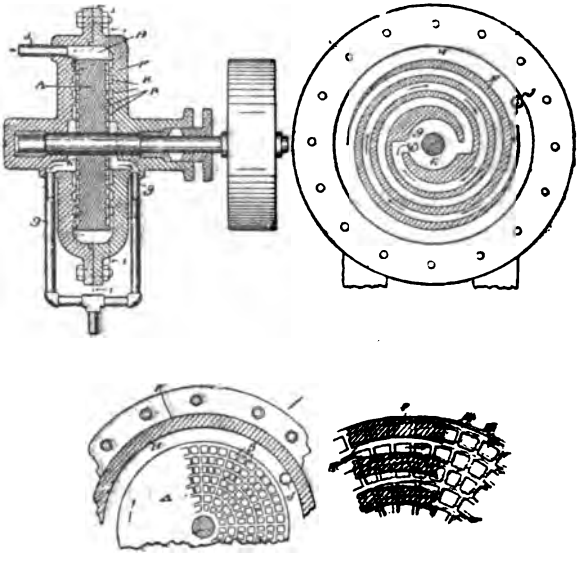


Fig. 12. — Détails de la turbine Mac-Elroy.

Turbine Seger (1893) *(fig. 13).*

Cette turbine est constituée par deux roues *a* et *b* conjuguées par des pignons de façon à tourner avec des vitesses égales, mais en sens contraires. Elles sont enfermées dans une chambre, d'où la vapeur s'échappe après avoir passé de *c* en *a* et *b* au travers

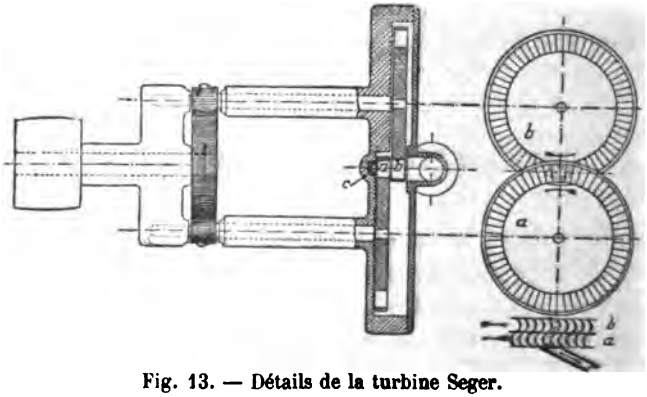


Fig. 13. — Détails de la turbine Seger.

des aubes des parties de ces deux roues qui se recouvrent.

Nous citons, seulement à titre de document, cette turbine qui

ne nous paraît pas avoir vu le jour, et dont le rendement ne pourrait être que très médiocre.

Comme vous avez pu le remarquer, Messieurs, tous ces appareils utilisant la pression de la vapeur, exigent une parfaite étanchéité et tournent à des vitesses considérables. Le jeu de 7/100 de millimètre peut être réalisé, mais difficilement maintenu dans ces conditions, d'où les fuites de plus en plus grandes et l'utilisation de la pression de la vapeur de plus en plus défectueuse.

Turbine de Laval (1889) *(fig. 14-36).*

Au lieu d'utiliser la pression de la vapeur, M. de Laval a eu, et bien avant les dernières solutions dont nous venons vous entretenir, l'idée de laisser cette vapeur se détendre d'elle-même en prenant la vitesse déterminée par la pression des deux milieux où l'on opère, puis d'utiliser cette énergie cinétique dans un mécanisme semblable aux turbines hydrauliques, en communiquant à celui-ci sa quantité de mouvement par une modification continue de la direction de la vitesse relative et une réduction graduelle de la vitesse absolue.

Principe de la Turbine de Laval.

Le principe fondamental de cette turbine est que la *vapeur* à haute pression *arrive entièrement détendue sur les aubes* de la roue réceptrice. Cette détente s'effectue dans les distributeurs et la vapeur y acquiert une force vive qui est égale au travail qu'elle aurait fourni en se détendant graduellement derrière un piston.

La *force vive seule* est donc utilisée dans cette machine. Or, la densité du fluide détendu étant très faible, le principal facteur de cette force vive est la *vitesse*.

La vapeur s'écoulant dans l'air sous pression par un orifice de petite section prend des vitesses considérables, qui atteignent 735 *m* par seconde à la pression de 4 *atm* à la chaudière, et 892 à celle de 10 *atm*.

Si la pression du milieu, où a lieu l'échappement, ne dépasse pas 0,1 d'atmosphère, ces vitesses s'élèvent réciproquement à 1 070 et 1 187 *m* par seconde.

La vitesse de la vapeur à la sortie des distributeurs étant énorme, il en sera de même de la vitesse de rotation de la roue

réceptrice, laquelle tourne de 8 000 à 30 000 tours par minute, avec des vitesses linéaires variant entre 175 et 400 *m* par seconde.

Un travail considérable pourra être transmis à l'arbre de la roue avec des organes de dimensions très faibles. En effet, l'effort tangentiel est insignifiant; sur une circonférence de 0,07 *m* de rayon,

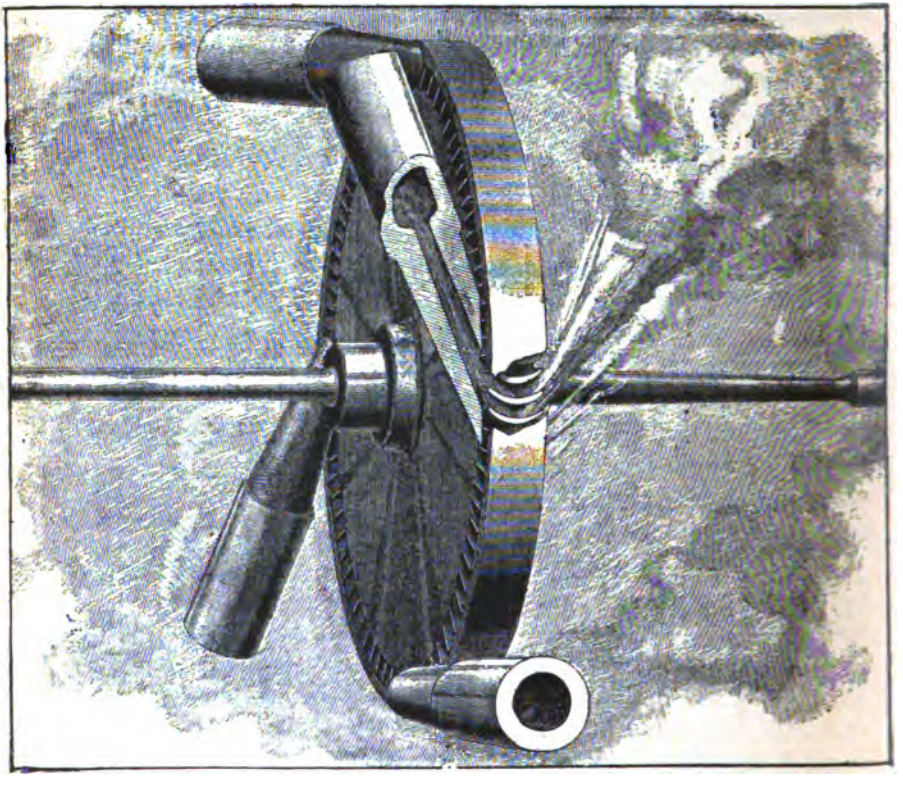


Fig. 14. — Vue en perspective de la roue à aubes et des canaux d'admission de la vapeur.

à 400 tours par seconde, il ne dépasse pas 4 *kg*, lorsque la machine produit la puissance de 10 *ch*.

Aussi les roues-turbines sont très petites relativement à la puissance développée (0,50 *m* de diamètre pour 200 *ch*), et les arbres très minces.

Description de la Turbine de Laval.

La turbine de Laval est analogue à une turbine hydraulique à introduction partielle et libre déviation.

Elle se compose d'une roue à aubes *(fig. 14)* sur laquelle la

vapeur, complètement détendue, est amenée par un ou plusieurs ajutages coniques, dont l'axe est faiblement incliné sur le plan de la roue. Ces jets de vapeur pénètrent dans les conduits récepteurs en glissant le long des aubes, en vertu de la vitesse relative et en leur communiquant la force vive de la vapeur. Cette vapeur sort sur la face opposée avec une vitesse absolue que l'on cherche à rendre le plus faible possible par un tracé approprié des aubes.

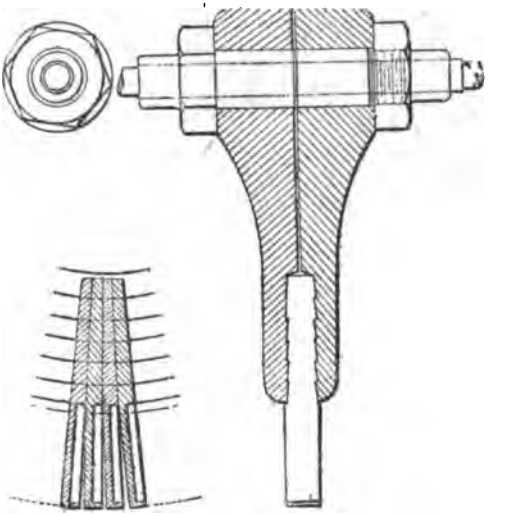


Fig. 15. — Roues à aubes séparées.

Le corps de la turbine est monté sur un axe en acier *(fig. 16)* qui repose sur deux coussinets à ses extrémités et tout l'ensemble tourne dans une chambre *(fig. 17)*, où sont ménagées des ouvertures *a* dans lesquelles viennent se fixer les ajutages distributeurs.

A une des extrémités de l'arbre se trouve le régulateur *(fig. 18)* dont les détails sont représentés sur la figure 19, qui agit, par un levier, sur une soupape équilibrée placée à l'entrée de la vapeur dans la turbine.

Un train d'engrenage *(fig. 16-3* et *fig. 20)* complète l'ensemble

Fig. 16. — Pignon, arbre, roue à aubes.

du moteur, et réduit la vitesse de la turbine dans le rapport que l'on désire.

Ajutages distributeurs de vapeur. — Cet organe essentiel a pour effet de permettre à la vapeur de se détendre complètement avant d'arriver sur les aubes. Sa section présente une forme particulière destinée à épouser autant que possible la forme du jet.

La section finale doit être telle que le fluide y ait acquis la densité correspondant à la pression du milieu qui baigne la turbine. Ces ajutages peuvent être obturés au moyen de robinets vannes qui passent dans des presse-étoupes; on comprend que, par ce moyen, le réglage de la puissance se fasse dans d'excellentes conditions, puisque chaque ajutage fonctionne pratiquement d'une manière indépendante. Le rendement peut donc rester excellent.

Fig. 17. — Chambre.

Roue proprement dite. — La roue de la turbine est en acier de toute première qualité; les aubes sont taillées à la fraise sur la périphérie de la roue, et une frette en acier est ensuite forcée autour des aubes *(fig. 14)*. Cette frette empêche les remous de vapeur au bout des aubes; elle supprime, de plus, la résistance préjudiciable que pourrait occasionner le frottement des aubes dans l'atmosphère ambiante au repos. Ces aubes peuvent être aussi façonnées isolément, puis assemblées, comme le montre la figure 15.

Fig. 18. — Régulateur.

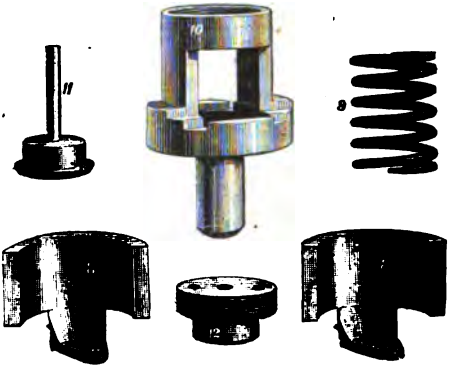


Fig. 19. — Détails du régulateur.

Fig. 20. — Roue dentée.

Arbre flexible (fig. 16-4). — Il est certain que, quelque précaution qu'on prenne dans la fabrication de la roue, il est à peu près impossible d'obtenir que son centre de gravité vienne coïncider avec l'axe géomé-

trique de l'arbre et que son plan de symétrie lui soit perpendiculaire.

La roue ayant une très grande vitesse angulaire, l'effet de la force centrifuge pourra devenir considérable.

Pour 1 gramme placé à la périphérie d'une roue de 0,16 *m* de

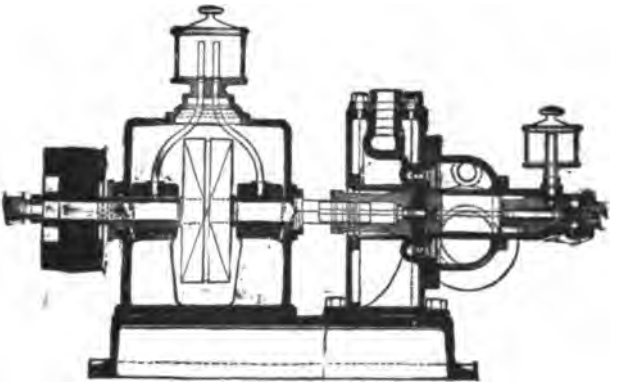


Fig. 21. — Coupe longitudinale de la turbine.

diamètre faisant 24 000 tours à la minute, l'effet de la force centrifuge est égal à 50 *kg* et l'on pourrait craindre, de ce chef, avec des arbres rigides, des échauffements dans les coussinets, et même la rupture de l'arbre. M. de Laval a résolu cette diffi-

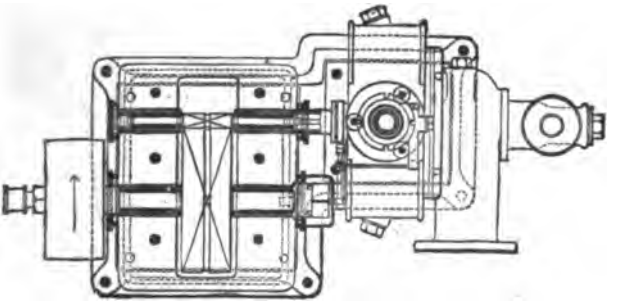


Fig. 22. — Coupe horizontale de la turbine.

culté d'une façon fort ingénieuse et avec le plus grand succes, en utilisant les propriétés gyrostatiques des corps et montant sa roue d'une certaine façon sur un arbre très mince, et par suite flexible.

Si l'on fait tourner un corps, qui a un plan de symétrie autour d'un axe maintenu à ses extrémités et passant par son centre de

gravité, ce corps tendra, à mesure que la vitesse augmente, à tourner autour de son axe principal d'inertie qui est la ligne perpendiculaire au plan et passant par le centre de gravité. L'axe physique étant flexible, se déformera de la quantité nécessaire pour lui permettre cette orientation, comme l'indique la figure 23. La position du disque que, pour plus de simplicité, nous avons

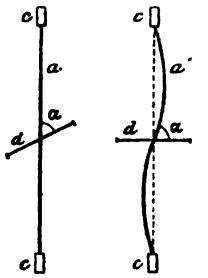


Fig. 23.

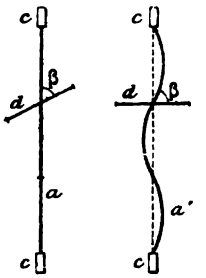


Fig. 24.

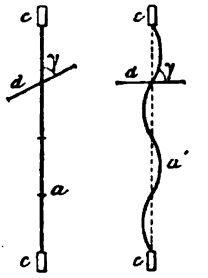


Fig. 25.

pris comme exemple, n'a pas d'influence. Ce disque peut être au milieu de l'axe *(fig. 23)*, à un tiers *(fig. 24)*, ou un quart *(fig. 25)* de distance d'un de ses points fixes : le phénomène se reproduira de la même façon. Le mouvement vibratoire de l'arbre seul changera.

Si l'on fait tourner, au contraire, ce disque autour d'un arbre

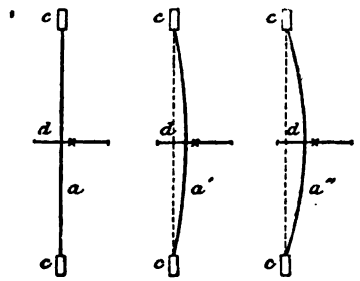


Fig. 26.

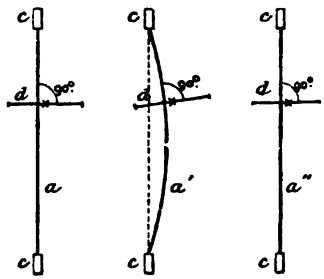


Fig. 27.

a l'arbre flexible au repos ; *a'* l'arbre flexible en mouvement ; *a''* l'arbre flexible à partir d'une certaine vitesse ; *d* disque ; *c* coussinet ; *x* centre de gravité.

flexible perpendiculaire à son plan de symétrie, mais ne passant pas par le centre de gravité, il y aura deux cas différents :

1° Le disque étant placé au milieu de l'axe entre ces deux points fixes, le centre de gravité tendra à s'en éloigner d'autant plus, que la vitesse sera plus grande *(fig. 26, a', a'')*.

2° Si le disque ne se trouve pas au milieu de l'arbre, celui-ci commencera par fléchir ; mais alors le plan de symétrie du disque se trouvant incliné par rapport à l'axe géométrique, le disque tendra, à mesure que la vitesse augmentera, à se placer perpendiculairement à cet axe et à ramener, par conséquent, l'arbre dans la ligne des paliers supposés rigides *(fig.* **27**, *a' a'')*.

En fait, les arbres des turbines de Laval sont en acier et de

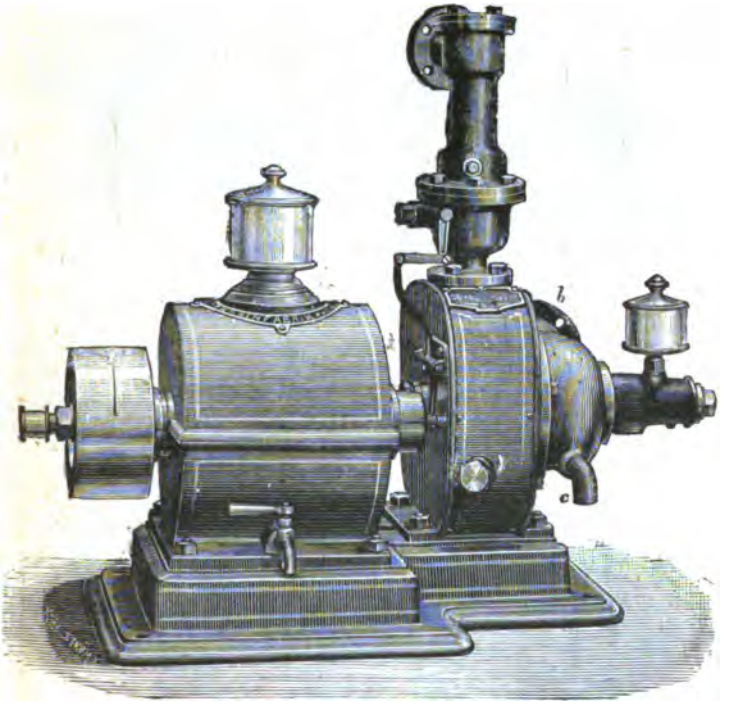


Fig. 25. — Vue d'ensemble d'une turbine-moteur.

diamètre extrêmement faible ; les portées sont très longues, elles reposent dans des coussinets en bronze avec interposition de métal anti-friction, et un graissage modéré, mais continu, permet d'éviter tout grippement.

Régulateur de vitesse. — Les différentes pièces du régulateur sont représentées sur la figure **19**. Son fonctionnement est le suivant : Les bases du régulateur formées par deux demi-cylindres (8), pivotent à couteaux sur la gaine (10) et les talons qui servent de base à ces demi-cylindres appuient contre la tête d'une pointe

(11) agissant par l'intermédiaire d'un levier sur la soupape d'admission. La pointe (11) est maintenue par un ressort antagoniste (9) enfermé dans la gaine à l'aide de l'écrou (12). Le régulateur

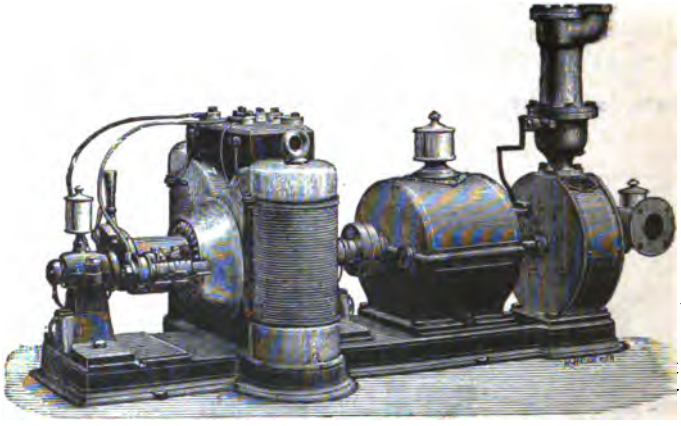


Fig. 29. — Vue d'ensemble d'une turbine accouplée à une dynamo.

agit donc sur la valve d'admission de la vapeur et assure une régularité parfaite à la machine, quelle que soit la charge.

D'ailleurs, la vapeur, au sortir de cette valve, se répartit entre

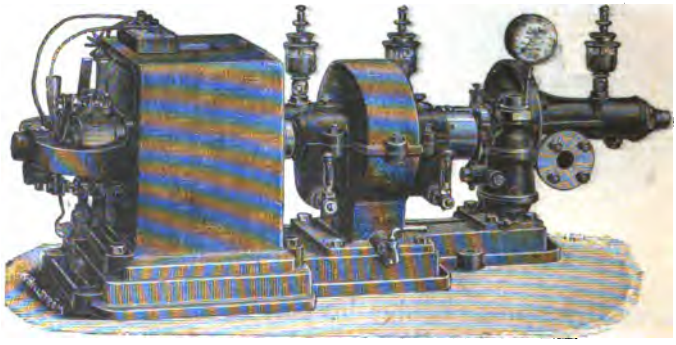


Fig. 30. — Turbine dynamo.

plusieurs conduits 4, 6, 8... suivant les machines. Des obturateurs peuvent être manœuvrés de l'extérieur de la machine à l'aide de valves à main et permettent ainsi de réduire à la moitié, au tiers, au quart, etc., la puissance maxima de la machine, tout en conservant à celle-ci d'excellentes conditions économiques de fonctionnement. Il en résulte qu'une machine donnée consomme

à peu près la même quantité de vapeur par cheval à la moitié, au tiers, ou au quart de sa puissance normale.

Applications.

Moteurs. — La turbine de Laval peut remplacer les moteurs à vapeur ordinaires dans toutes leurs applications.

La figure 28 représente l'ensemble d'une turbine-moteur de 5 jusqu'à 50 *ch.*

A partir de cette puissance, les turbines portent deux arbres

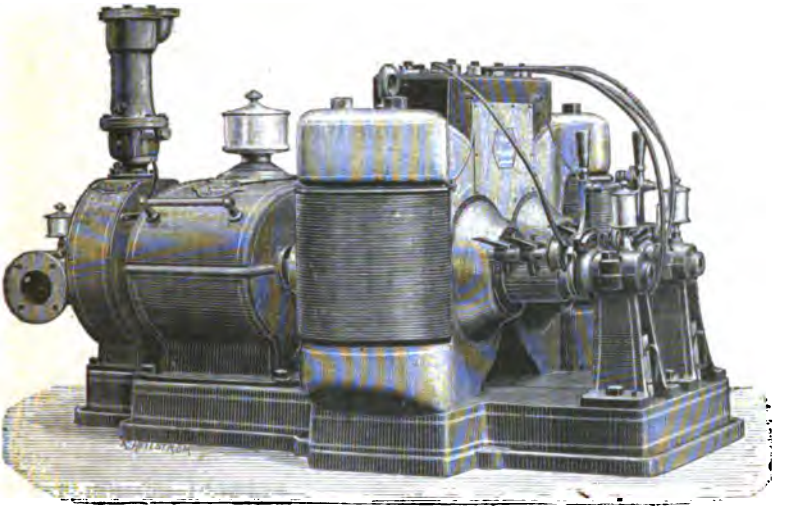


Fig. 31. — Turbine-dynamo à deux induits.

moteurs jumeaux et, par conséquent, deux poulies de commande.

La vitesse de la turbine proprement dite étant toujours considérable par rapport à celle de l'organe à conduire, toutes les machines sont munies d'un arbre auxiliaire en relation avec l'arbre principal par l'intermédiaire d'un pignon *(fig. 16)* et d'une roue dentée *(fig. 20)*.

Les figures 21 et 22 représentent deux coupes de la turbine.

La figure 32 représente une application industrielle ; la vitesse de l'arbre commandé est de 480 tours, la poulie de la turbine faisant 3 000 tours.

La figure 33 représente un moteur à deux arbres jumeaux, comme cela se fait pour toutes les turbines à partir de 50 *ch.* Cette

turbine porte deux poulies à gorge pour une transmission par câble. Ce câble est tendu par un tendeur spécial indiqué sur la figure en question.

Turbines-dynamos. — Quand il s'agit de commander par la turbine une dynamo, on peut les accoupler directement.

Les figures 29 et 30 représentent des groupes électrogènes simples ainsi constitués.

La figure 31 représente une turbine-dynamo à deux induits, tout indiquée, par exemple, pour la distribution à trois fils.

La figure 34 représente l'ensemble d'une installation électrique.

Turbines-pompes, *turbines-ventilateurs*, etc., sont d'autres applications de la turbine.

La figure 35 représente une turbine-pompe simple.

La figure 36 représente une turbine-pompe conjuguée. Chacun des deux arbres moteurs de la turbine est accouplé à une pompe centrifuge. Celles-ci sont liées ensemble, soit parallèlement pour doubler le débit, soit en série pour augmenter la pression du liquide refoulé.

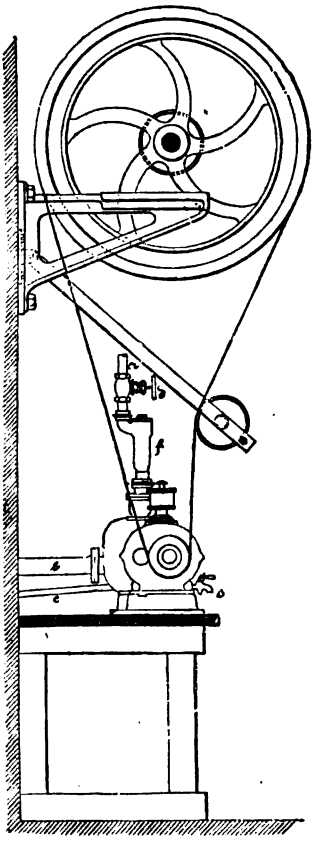


Fig. 32.

a admission, *b* échappement, *c* écoulement de l'eau condensée, *d* vanne d'admission, *e* robinet d'écoulement d'huile, *f* boîte crépine.

Avantages de la Turbine de Laval.

1° Dans toute machine rotative travaillant à grande vitesse, l'usure des pièces soumises à frottement amène rapidement du jeu entre ces pièces. L'étanchéité étant pour toutes ces machines une condition absolue d'économie, et cette étanchéité disparaissant rapidement, la consommation de vapeur qui, au début, reste quelquefois inférieure à 30 ou 40 *kg* par cheval, atteint très rapidement des chiffres énormes.

Dans la turbine de Laval, au contraire, la force vive de la vapeur agissant seule et non sa pression, il y a toujours, par cons-

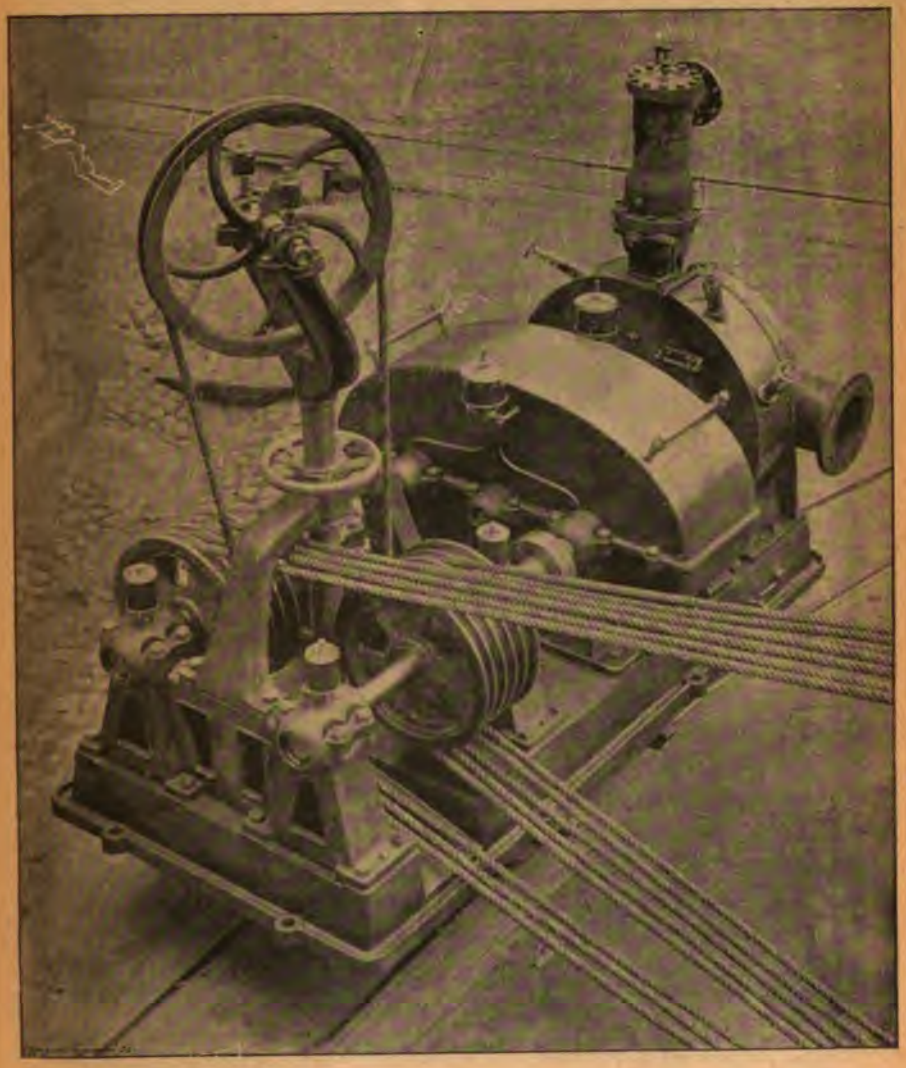


Fig. 33. — Une turbine à deux poulies à gorge pour transmission par câble.

truction entre la roue et son enveloppe, un jeu de 2,5 *mm*; aucune pièce n'est donc soumise à des frottements et la consommation reste constamment la même, quel que soit le temps de fonctionnement de l'appareil.

2° Par principe, la vapeur a la même pression sur les deux faces de la roue.

Elle suit donc tout naturellement le chemin que lui offrent les

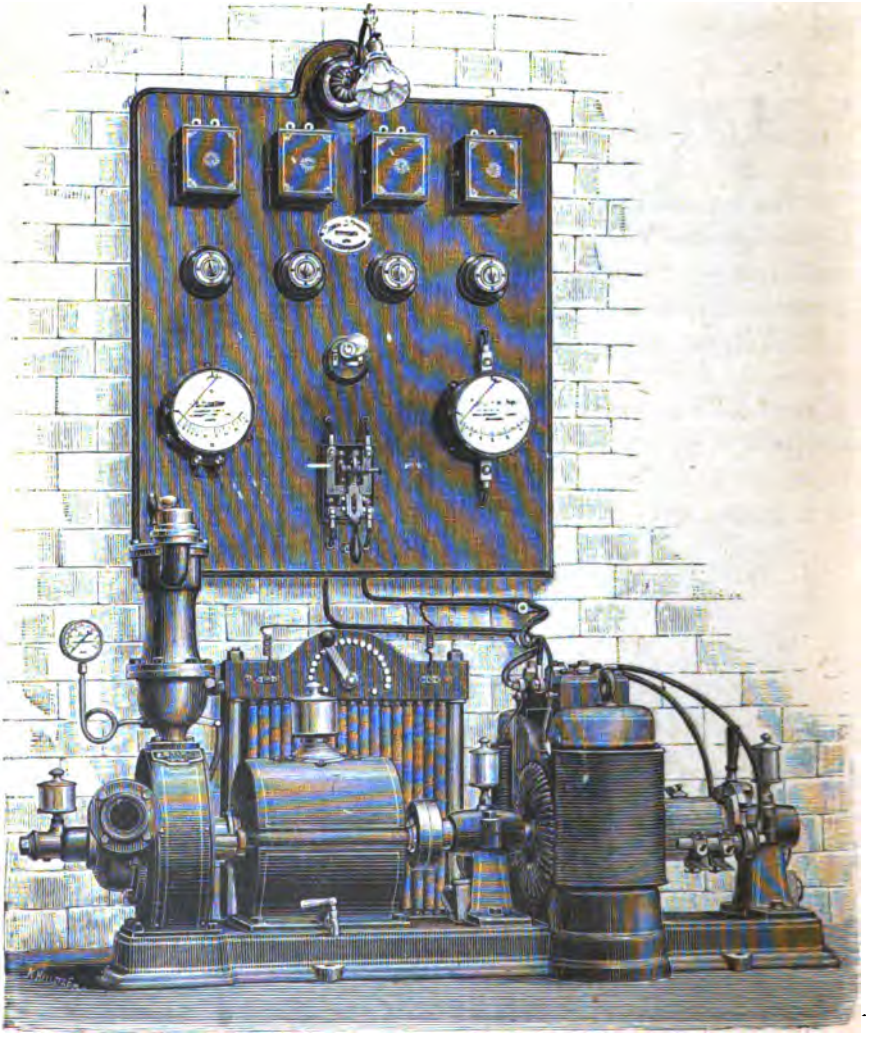


Fig. 34. — Vue d'ensemble d'une installation électrique.

canaux des aubes, si celles-ci ont bien le profil convenable, et le passage direct à l'échappement est évidemment nul, aussi bien au moment de la livraison de la machine qu'après un temps quelconque de fonctionnement.

On vérifie bien cette propriété dans la pratique. Il suffit, en effet, d'ouvrir un des purgeurs de la boîte du moteur, côté échappement, pour constater que cette vapeur sort sans vitesse, et c'est là la raison pour laquelle, comme nous venons de le dire, l'inventeur laisse entre la roue et la boîte-enveloppe un jeu très appréciable qui supprime tout frottement sur la périphérie de la roue.

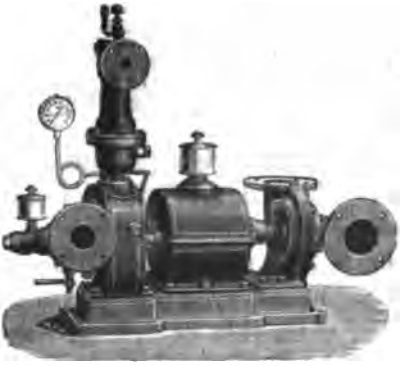


Fig. 35. — Turbine-pompe.

3° Les condensations dans la machine sont négligeables, quelle que soit la pression de la vapeur utilisée.

En effet, la vapeur est ramenée par son passage dans les conduits à la pression d'échappement au moment où elle arrive en contact avec la roue. La vapeur à haute pression, et par suite à température élevée, ne se trouve donc jamais en contact avec cette roue qui n'a pas

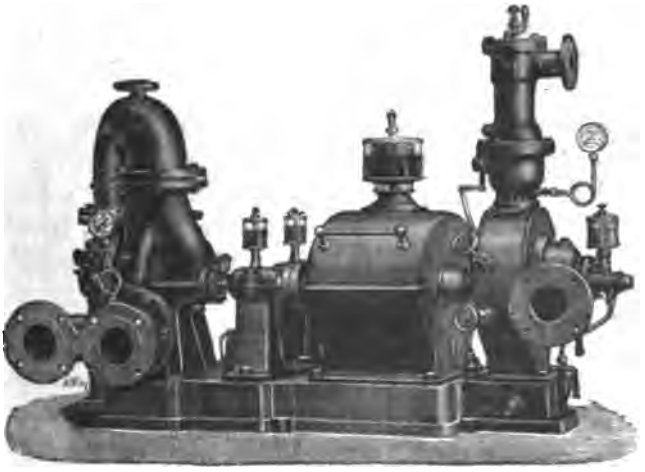


Fig. 36. — Turbine-pompe conjuguée.

à subir, comme les cylindres des machines à piston, des alternatives de haute et basse températures, cause essentielle des condensations.

Les conduits peuvent d'ailleurs être mis entièrement à l'abri

de l'action refroidissante de l'air, et c'est là le cas de la turbine de Laval, où ils sont absolument noyés dans des épaisseurs relativement considérables de matières.

4° L'utilisation de la vapeur est poussée à sa limite, puisqu'elle passe, dans les conduits, de la pression à la chaudière à la pression de l'atmosphère extérieure. Il en résulte, pour cette machine, une consommation égale à celle des meilleures machines à vapeur.

Les essais de ces machines, à la marche à condensation, faits par MM. Coderblom, professeur à l'École Centrale de Stockholm, Anderson, son assistant, et Uhr, inspecteur des métiers, constatent une consommation de 9 *kg* de vapeur par cheval effectif et par heure, avec une pression d'admission égale à 8 *kg* de vapeur et un vide de 0,67 *m*. Nous avons eu l'occasion, à plusieurs reprises, de répéter les mêmes essais et nous avons reconnu l'exactitude absolue des chiffres énoncés.

5° La turbine de Laval ne contient plus, comme seul organe en mouvement, qu'une roue tournant librement dans la chambre à vapeur et un train d'engrenage.

Plus de piston, de bielle, de coussinets de tête et de pied de bielle, plus de tiroirs, plus d'excentriques, comme on peut le voir sur les figures précédentes.

Nous avons, en résumé, avec la turbine de Laval de nombreux avantages :

Une très grande simplicité de construction; faibles résistances passives; absence de fondations; encombrements très réduits; faible poids; vitesse bien constante; consommation très réduite; dépense en huile et en chiffons considérablement réduite; peu de surveillance; démontage et visite rapides; marche silencieuse et absence de trépidations.

C'est ainsi qu'au point de vue du poids une turbine

de 5 *ch*	ne pèse que	130 *kg*,	soit	26 *kg*	par	cheval de	puissance
10 —	—	200	—	20	—	—	
15 —	—	235	—	16	—	—	
30 —	—	410	—	14	—	—	

Tous ces avantages sont, d'ailleurs, consacrés par une pratique de plus de trois ans; 6 000 *ch* environ ont été mis en service à la date du 31 décembre 1894, en France et à l'étranger; partout leur fonctionnement a été trouvé irréprochable.

Aperçu général.

La théorie de la turbine de Laval s'établit de la même manière que celle de la turbine d'Euler à libre déviation, au moins en ce qui concerne le récepteur Dans la détermination des distributeurs, il faut faire entrer en ligne de compte les propriétés spéciales des fluides élastiques.

La vapeur saturée sort de la chaudière à une pression déterminée et s'échappe dans l'atmosphère ou un condenseur à pression également déterminée en passant par un distributeur.

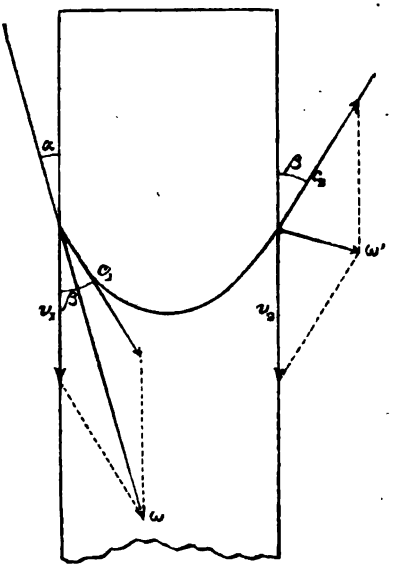


Fig. 37.

Ce distributeur doit avoir, du côté de la chaudière, une forme telle qu'elle épouse la veine fluide. Il doit se terminer au point où le fluide, ayant pris la vitesse maximum dont il est susceptible, a sensiblement la même pression que le milieu ambiant.

Il ne faut pas qu'il y ait, entre le distributeur et la turbine, un excès de pression, car la vapeur continuerait à s'accélérer dans les aubes et sortirait avec une vitesse trop grande, ni que la pression tende à baisser dans le distributeur au-dessous de celle du second milieu, ce qui donnerait lieu à des mouvements tourbillonnaires, accompagnés d'un réchauffement de la vapeur. Dans les deux cas, on n'utiliserait qu'une partie de la force vive.

En ce qui concerne le récepteur, étant donné qu'il s'agit d'une turbine axiale à libre déviation, pour obtenir le maximum de rendement, on doit remplir les conditions suivantes :

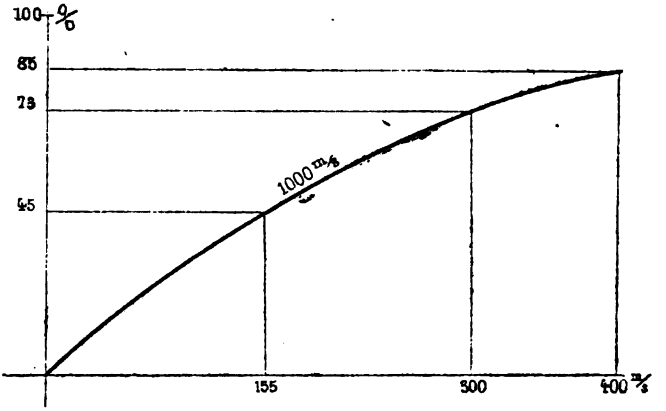
L'angle d'inclinaison des aubes distributrices doit être aussi faible que possible.

L'aube de la roue réceptrice doit avoir la direction de la vitesse relative à l'entrée, pour éviter les *chocs*.

La vitesse linéaire de la turbine doit être égale à la vitesse

relative de sortie du fluide et, par suite, à la vitesse relative d'entrée.

Cette condition détermine l'inclinaison des aubes de la roue réceptrice, qui doit être double de celle des aubes distributrices.



Vitesse périphérique du disque = v.

Fig. 38. — Courbe des rendements théoriques de la machine en fonction de la vitesse périphérique du disque pour une même vitesse de la vapeur.

L'angle d'inclinaison des aubes à la sortie doit être le même qu'à l'entrée.

Ces relations s'expriment comme suit *(fig. 37)* :

$$\beta = 2\alpha,$$

$$v_1 = v_2 = c_1 = c_2 = \frac{\omega}{2\cos\alpha}$$

et

$$\omega' = 2v_1 \sin\frac{\beta}{2} = 2v_1 \sin\alpha$$

α étant l'angle d'inclinaison des aubes distributrices;
β — celui des aubes réceptrices;
v_1 — la vitesse linéaire de la turbine;
c_1 — la vitesse relative à l'entrée;
c_2 — la vitesse relative à la sortie;
ω — la vitesse absolue à l'entrée;
ω' — la vitesse absolue à la sortie.

Le rendement théorique du distributeur est égal à :

$$\eta = \frac{\omega^2 - \omega'^2}{\omega^2} = 1 - \operatorname{tg}^2\alpha.$$

Pour $\alpha = 20°$, qui est l'angle pratiquement le plus faible dans l'espèce :

$$\eta = 0{,}87.$$

Le rendement maximum aurait lieu avec $\alpha = 0$ et, par conséquent, quand la vitesse linéaire serait égale à la moitié de la vitesse d'arrivée du fluide.

La courbe ci-dessus *(fig. 38)* nous donne des rendements ***théoriques*** en fonction de la vitesse périphérique du disque pour une même vitesse de la vapeur.

Ce rendement pour $\omega = 1\,000$ *m* par seconde serait de 45 0/0 à la vitesse périphérique du disque de 155 *m* par seconde ;

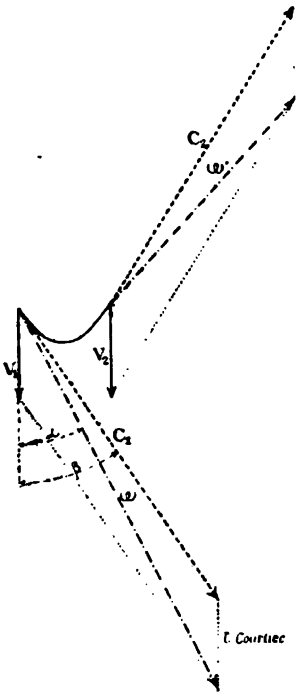


Fig. 39.

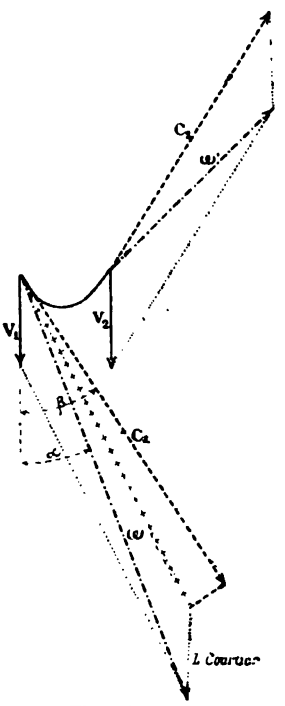


Fig. 40.

il s'élèverait à 73 0/0 à 300 *m* et à 85 0/0 à 400 *m* par seconde, vitesse qu'il serait difficile de dépasser à cause de la résistance même de la matière.

Pratiquement, nous aurons des écarts plus ou moins grands entre ces vitesses, comme nous l'indique la figure 39.

Les considérations d'exécution des aubes ne nous permettront pas non plus d'éviter complètement les chocs. La vitesse relative

à l'entrée *(fig. 40)* sera déviée de sa direction normale par l'aube pour suivre une nouvelle direction c_1.

Le rendement du distributeur sera abaissé de ce chef de 85 à 75 0/0 environ.

Pour utiliser l'excès de vitesse absolue à la sortie, on peut recourir à un dispositif dit *compound*, et qui consiste à faire diriger le fluide à sa sortie de la première turbine dans une autre, ayant la même vitesse linéaire.

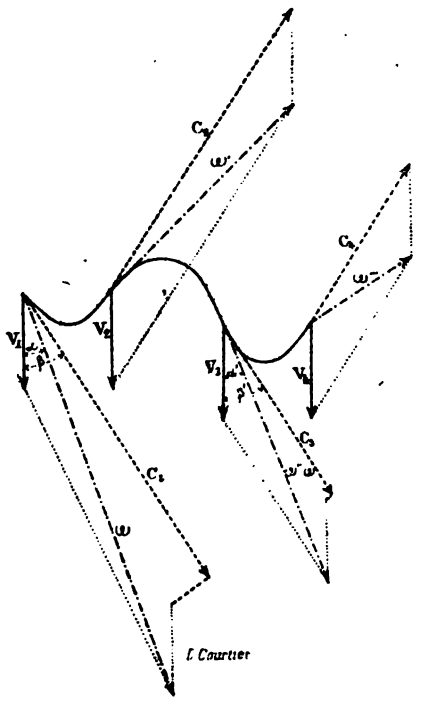


Fig. 41.

La vitesse relative à la sortie de cette seconde roue réceptrice c_4 se trouve ainsi sensiblement rapprochée de la vitesse linéaire de cette roue et la vitesse absolue à la sortie ω''' de beaucoup réduite, comme on le voit dans la figure 41. Le rendement se trouve ainsi sensiblement amélioré.

D'une manière générale, la vitesse d'un fluide élastique s'écoulant librement d'un milieu dans un autre, sans recevoir ni perdre de chaleur (écoulement adiabatique) est donnée par la formule de Weisbach, qu'on peut écrire :

$$\frac{\omega^2}{2g} = u,$$

u étant le travail gagné par l'unité de poids du fluide en se détendant.

Ce travail est égal à :

$$-\int_{p_0}^{p_1} v\,dp,$$

où v est le volume spécifique et p la pression (p_0 celle de la chaudière et p_1 celle du condenseur).

Les courbes ci-dessous *(fig. 42)* donnent la puissance théorique

d'un kilogramme de vapeur à diverses pressions effectives suivant la marche avec ou sans condensation. Nous voyons qu'elle est de 40 000 *kgm* par kilogramme de vapeur pour 10 *kg* de pression d'admission et la marche à échappement libre, qu'elle dépasse 60 000 *kgm* pour la même pression d'admission et l'échappement au condenseur, le vide étant de 0,2 *kg* par centimètre carré et qu'elle atteint 70 000 *kgm* à 0,1 *kg* de vide par centimètre carré.

Cette puissance atteindrait 93 000 *kgm* par kilogramme de va-

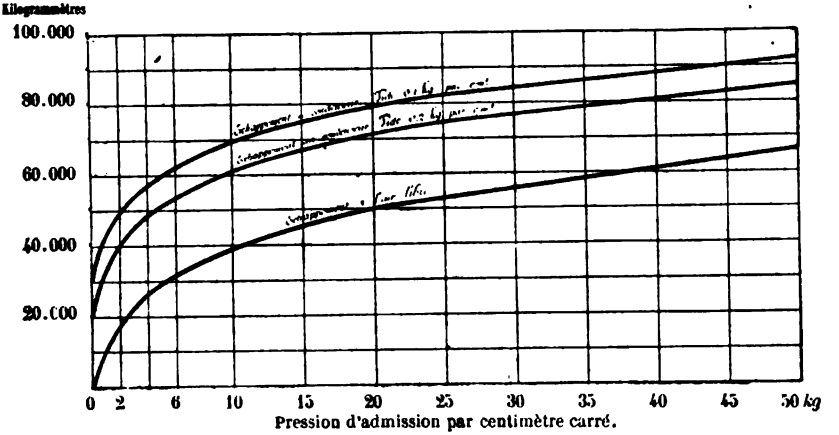


Fig. 42. — Courbes de la puissance théorique d'un kilogramme de vapeur à diverses pressions effectives.

peur à la pression de 50 *kg* et échappement au condenseur dont le vide serait de 0,1 *kg* par centimètre carré.

La figure 43 nous donne la consommation de vapeur par cheval effectif et par heure en fonction de pression d'admission et celle de l'échappement. Ces courbes sont tracées en admettant un rendement pratique facilement réalisable de 60 0/0.

Ainsi, l'on peut dès à présent ne pas dépasser, avec la turbine de Laval, par cheval *effectif* et par heure, les chiffres de consommation suivants :

A 6 *kg* de pression d'admission, 14 *kg* sans condensation, et 7,75 *kg* avec condensation, le vide étant de 0,1 *kg* par centimètre carré;

A 10 *kg* de pression d'admission, 12 *kg* sans condensation, et 6,5 *kg* avec condensation, le vide étant de 0,1 *kg* par centimètre carré;

A 15 *kg* de pression d'admission, 10 *kg* sans condensation, et 6 *kg* avec condensation, le vide étant de 0,1 *kg* par centimètre carré.

Avec des pressions plus élevées, on arrivera à des consommations plus réduites encore, et c'est là le grand avenir de ces machines.

Nous sommes loin de la limite à laquelle pourront arriver les générateurs. Ils travaillaient bien à 2 *kg* de pression et même à la pression atmosphérique tout au début. Les pressions de 4 *kg* étaient considérées comme dangereuses. Nous sommes arrivés progressivement à 6, 10 et 15 *kg*. Il n'y a pas de raison pour qu'on n'aille pas un jour jusque et au-dessus de 50 *kg*.

Or, les moteurs à pistons sont incapables de travailler à ces

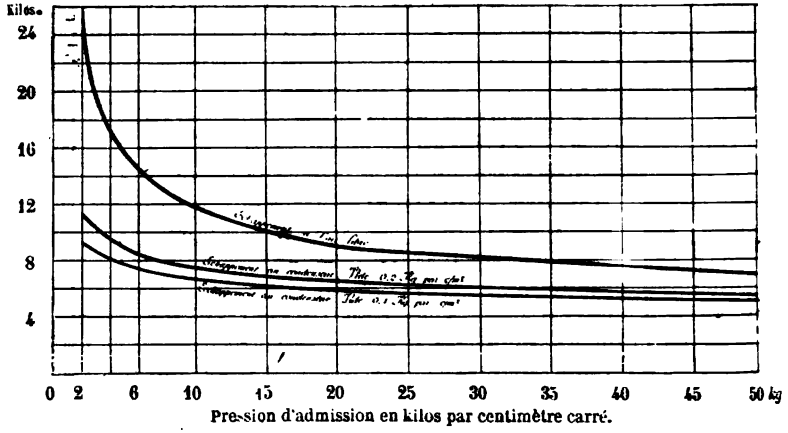


Fig. 43. — Courbes de la consommation réelle de vapeur par cheval effectif et par heure en fonction de pression d'admission, et celle de l'échappement.

pressions pour des raisons qu'il est inutile de développer ici, tandis que les turbines de Laval pourront parfaitement utiliser la vapeur à n'importe quelle pression, puisque celle-ci est transformée en force vive avant d'arriver dans le moteur même.

L'examen des courbes de la figure 43 donne une idée de l'économie considérable qu'on pourra tirer des pressions élevées avec la turbine de Laval.

En terminant, nous tenons à rendre hommage aux Ingénieurs et à l'industrie française dans lesquels cette nouvelle et hardie invention a trouvé les plus précieux soutiens. D'un côté, la construction irréprochable, dont nous ne pouvons que féliciter la maison Bréguet; d'un autre côté, l'accueil plus que bienveillant que cette industrie a réservé, dès le début, à la turbine de Laval en lui ouvrant largement ses portes pour ses multiples applications, nous encouragent de plus en plus à persévérer dans cette nouvelle voie, d'ailleurs pleine de promesses.

OBSÈQUES
DE
M. E. CHAUVEL
le 4 juin 1895

DISCOURS
DE
M. L. REY
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

MESDAMES, MESSIEURS,

C'est au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France que je viens prendre la parole sur cette tombe encore ouverte.

Notre président avait désiré venir lui-même rendre le dernier hommage à notre vénéré collègue, mais il a dû y renoncer, au dernier moment, appelé impérieusement d'un autre côté, par les devoirs de ses multiples fonctions. Il m'a demandé de le suppléer dans les tristes circonstances qui nous réunissent ici, et il m'a chargé de l'excuser auprès de vous.

Je viens donc, à sa place, dire adieu à Chauvel, cet ingénieur distingué qui fut, en même temps qu'un homme de bien, un travailleur infatigable, et retracer, en quelques mots, la carrière industrielle si bien remplie de notre regretté collègue.

Chauvel sortit de l'École Centrale en 1848, en pleine période révolutionnaire; et, après avoir été enrôlé dans les ateliers nationaux, en quelque sorte malgré lui, comme il aimait à le rappeler, il chercha sa voie pendant quelque temps.

En 1849, il s'agrégea à ce noyau d'ingénieurs éminents comprenant les Flachat, les Petiet, les Collin, les Polonceau, et qui, prévoyant l'essor considérable que devait prendre notre profession, avait fondé, l'année précédente, la Société des Ingénieurs Civils Chauvel fut donc l'un de ses membres de la première heure, s'il n'en fut pas l'un des fondateurs. Depuis cette époque, il ne cessa de faire partie de notre Société, dont les travaux l'intéressaient et à laquelle il consacra l'une de ses dernières pensées.

Entré, en 1852, comme ingénieur aux usines de MM. Bouillant, Dupont et Cie, qui, installées d'abord à Laigle, furent ensuite transportées à Navarre, il devint bientôt le gendre de M. Bouil-

lant et le directeur des usines. Peu de temps après, la mort de son beau-père le laissa seul propriétaire, et, puissamment et intelligemment aidé par sa femme et par Mme Bouillant, il donna une grande impulsion à son industrie.

Mme Bouillant, dont la bonté était extrême, s'occupait spécialement du bien-être du personnel des usines, et ses soins dévoués lui avaient valu d'être appelée la « mère des ouvriers ». Mme Chauvel s'occupait de la comptabilité, et notre regretté Collègue, allégé des deux grandes préoccupations du personnel et des comptes, donnait tous ses soins à la marche générale de l'entreprise.

Tous ces efforts furent couronnés de succès, et, en 1879, Chauvel fut, à l'occasion de l'Exposition de 1878, nommé chevalier de la Légion d'honneur, couronnement mérité d'une carrière déjà longue et bien remplie.

Estimé et apprécié de ses concitoyens, ceux-ci le choisirent comme membre, puis comme président du Tribunal et de la Chambre de commerce d'Évreux. Il remplit pendant de longues années ces délicates et difficiles fonctions, avec toute l'intelligence et tout le tact qu'elles exigent, et il a laissé, de son passage au Tribunal consulaire, des souvenirs ineffaçables.

Si notre Collègue avait vu son industrie prospérer et la considération s'attacher à son nom, il avait, d'autre part, payé chèrement la satisfaction qu'il avait dû en éprouver. La mort n'avait pas épargné ceux qui l'entouraient, et, faisant le vide autour de lui, lui avait ravi successivement sa belle-mère, sa femme et son fils. Ce dernier périt dans des circonstances tragiques, à l'âge de vingt-deux ans, au moment où son père pouvait légitimement compter sur lui pour se décharger en partie du fardeau des affaires.

Toutes ses espérances anéanties, Chauvel continua sa tâche avec courage, jusqu'au moment où il est allé rejoindre, dans un monde meilleur, ceux qui lui ont été chers ici-bas, laissant le bel exemple d'une vie toute de travail et de probité.

Tous ceux qui l'ont connu pleurent sa perte, et je viens apporter, au nom de la Société des Ingénieurs Civils de France, dont il fut l'un des membres les plus assidus et les plus dévoués, l'hommage qui est dû à un Collègue aussi honorable et aussi éminent, et dont le grand cœur était joint à une intelligence supérieure. Puisse cet hommage adoucir les regrets de sa sœur et ceux des membres de sa famille, en montrant que celui qu'ils ont perdu était aimé et justement estimé de ses pairs, qui lui adressent ici un dernier adieu!

DISCOURS

DE

M. L. BERTHON

PRÉSIDENT DE L'ASSOCIATION AMICALE DES ANCIENS ÉLÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE

MESSIEURS,

En face de cette tombe, j'éprouve encore une fois les mêmes sentiments que j'ai si souvent éprouvés en lisant les nécrologies de notre Asssociation. C'est une douleur mêlée de fierté que m'inspirent ces vies si honorablement remplies, toutes de travail et d'intelligence, par lesquelles l'homme se fait lui-même, après lesquelles il laisse un nom respecté, un exemple utile aux générations qui suivent, et précieux à l'Association qu'il a honorée.

Chauvel est de ceux-là.

Sorti de l'École avec le 4e diplôme de mécanicien, il se trouva au début de sa carrière aux prises avec de nombreuses difficultés; il en triompha avec honneur, avec éclat même. Le voici d'abord à la tête d'un modeste établissement industriel, et, grâce à une idée ingénieuse et fertile, il le développe au delà de ce qu'on pouvait prévoir. Plus tard, il est élu président du Tribunal, puis de la Chambre de commerce d'Évreux, et il reçoit enfin la récompense due à son dévouement et à son caractère, la croix de la Légion d'honneur.

Messieurs, d'autres vous diront les qualités si aimables de cet esprit distingué et la bonté de son cœur : nous sommes venus ici pour vous apprendre que son dernier bienfait a été une pensée généreuse pour l'Association amicale des anciens élèves de l'École Centrale.

Ainsi, il a pratiqué à la lettre la grande maxime qui unit tous les anciens élèves de cette école, et qui leur commande de se considérer tous comme les membres d'une même famille. Merci du bel exemple qu'il nous donne. Non, la camaraderie n'est pas un vain mot; non, les paroles de solidarité que nous échangeons en tant de circonstances, les unes gaies, les autres si cruelles, hélas! ne sont pas de pure rhétorique. Ah! si jamais l'on doutait de ces généreux sentiments, quelle leçon dans cette noble pensée d'un mort!

Nous lui en garderons une éternelle reconnaissance. Que le témoignage que nous en offrons ici à sa famille soit un adoucissement à une douleur que nous partageons!

CHRONIQUE

N° 185

Sommaire. — Ce que coûtent les mauvaises routes. — L'acétylène et ses applications dans l'industrie. — La surchauffe de la vapeur. — *L'Institution of Civil Engineers.*

Ce que coûtent les mauvaises routes. — On sait qu'aux Etats-Unis, les routes sont trop souvent mauvaises, au moins dans certains États et cette fâcheuse condition des voies secondaires de communication a fait très fréquemment l'objet d'articles dans les publications techniques américaines.

Une communication récente de M. Clarence Coleman à l'Association des Ingénieurs de Virginie donne d'intéressants détails sur cette question.

Il y a à l'heure actuelle aux États-Unis 270 000 *km* de voies ferrées qui ont coûté la somme énorme et difficile à se figurer de 50 milliards de francs. Si on compare les chemins de fer aux artères et aux veines du corps humain, par analogie avec celui-ci, les routes, qui sont les vaisseaux accessoires, devraient présenter une capacité d'alimentation proportionnelle. Or, il n'en est nullement ainsi et le fonctionnement général du système doit nécessairement en souffrir. L'auteur, en constatant ce qu'il appelle l'état ignominieux des routes américaines, déclare que, si l'amélioration de ces voies avait été à la hauteur du développement des chemins de fer, il en serait résulté pour le pays un avantage équivalent au progrès d'un siècle.

M. C. Coleman prend pour point de comparaison la France qui a probablement le réseau de routes le plus complet et le plus perfectionné du monde et qui présente un état de prospérité domestique, commerciale et financière auquel son parfait système de communications intérieures n'est certainement pas étranger.

L'État de Virginie a une superficie de 40 125 milles carrés et une population de 1 656 000 habitants, ce qui donne une densité de 41,27 habitants par mille carré.

La France, avec une superficie de 204 000 milles carrés et une population de 38 125 000 habitants, a une densité de 186,88 habitants par mille carré. La Virginie a un développement de 3 426 milles de chemins de fer, soit un mille par 11,71 milles carrés. La France a 24 018 milles de chemins de fer, soit un mille pour 8,49 milles carrés. La Virginie a donc 0,085 mille de chemins de fer par mille carré et la France 0,116 pour la même unité. Par rapport à la population, on trouve en Virginie 483,29 habitants par mille de chemins de fer et inversement 10,92 pieds (3,33 *m*) par habitant, alors qu'en France il y a 1 586 habitants par mille de chemins de fer ou inversement 3,32 pieds (1,01 *m*) par habitant. Il résulte de ces chiffres que la France, avec une superficie à peu près quintuple de celle de la Virginie, a à peu près trente-trois fois la population de celle-ci, une densité de population à peu près quintuple, et, au

point de vue des chemins de fer, une proportion de superficie par unité de longueur 1,4 fois supérieure.

Si on passe aux voies de communications secondaires, la situation comparative change du tout au tout. Il y a en France 200 000 *km* en nombre rond de routes pavées ou macadamisées, soit 1 *km* pour 1,57 km^2 et en Virginie 1 100 *km* seulement ou 1 *km* pour 58,23 km^2, proportion trente-six fois plus faible.

Par rapport à la population, on trouve en France 183 habitants par kilomètre de route et en Virginie 1 500. Ces chiffres n'ont pas besoin de commentaires.

L'auteur croit que l'indifférence de l'Américain, en général, et du Virginien, en particulier, pour l'état des routes provient de la crainte de payer des impositions spéciales pour leur entretien. L'horreur de ces populations pour les impôts spéciaux est bien connu et on sait que l'indépendance des États-Unis a eu pour point de départ un soulèvement causé par une taxe sur le thé. M. Coleman cherche donc à démontrer que le pays dépense dix fois plus par le mauvais état des routes qu'il ne payerait pour les avoir bonnes et qu'il acquitte tous les ans, sans s'en douter, un tribut beaucoup plus ignominieux que celui que la métropole voulait imposer aux populations américaines du siècle dernier.

On peut estimer qu'il a été dépensé, en 1893, environ 3 millions de francs en argent et en main-d'œuvre sur les routes de la Virginie, le tout en entretien et sans amélioration sensible comme résultat. Si on admet que, depuis vingt ans, on eut dépensé en moyenne 1 500 000 *f* par an en construction ou amélioration sérieuse, en estimant le prix moyen de 1 mille à 6 250 *f*, on aurait eu 4 800 milles de bonnes routes ou 48 pour chacun des comtés de l'État. Les résultats de ces améliorations sont immédiatement tangibles. Dans l'État de New-Jersey, à la suite de la confection de bonnes routes, l'acre de terre s'afferme à raison de 1 000 *f*, tandis qu'en Virginie la moyenne ne dépasse pas 325 *f*. Le recensement de 1893 donne pour l'estimation de la valeur des terres de l'État de Virginie 635 millions de francs. Un bon système de routes ne donnât-il que 20 0/0 de plus-value, ce serait une somme de 127 millions dont l'intérêt à 6 0/0 représente 7 1/2 millions de francs par an. C'est inversement une partie de ce que coûte au pays le mauvais état des routes.

Les statistiques officielles des États-Unis pour 1893 donnent pour total des récoltes de céréales, pommes de terre et tabac en Virginie, un poids de 1 265 700 *t*. Si on laisse de côté le reste, tel que bois, pierres, métaux, etc., pour tenir compte de la partie des récoltes qui se consomme sur place, en prenant 10 milles comme distance moyenne de transport, on a un total de 12 657 000 *t* à un mille qui à 1,25 *f* (25 cents) par tonne-mille (1,10 *f* par tonne métrique et par kilomètre) donnent une somme de 16 millions de francs en nombre rond comme coût de transport de ces denrées au marché ou au chemin de fer.

Si maintenant on pouvait doubler la charge, on économiserait la moitié, c'est-à-dire 8 millions de francs, et si on pouvait faire le transport dans les quatre cinquièmes du temps employé actuellement, on pourrait réaliser encore une économie de 3 millions de francs, somme

qui doit encore être portée au compte de ce que coûtent les mauvaises routes.

On peut estimer la valeur de tous les véhicules qui existent dans l'État à 15 millions; avec une dépréciation annuelle de 10 0/0 dans l'état actuel, on peut évaluer à la moitié, soit 5 0/0, ce qu'économiserait l'amélioration des routes; c'est donc encore une somme de 750 000 *f*.

Enfin, si on admet, d'après les recensements officiels, une valeur de 65 millions de francs pour les chevaux, mules, etc., qui existent dans le pays, et qu'on estime seulement à 3 0/0 de cette somme l'économie résultant sur la nourriture et la dépréciation de cette cavalerie, c'est encore 2 millions de francs à ajouter.

Si on fait la somme de toutes ces causes d'excès de dépense provenant du mauvais état des routes, on trouve :

Intérêt de la moins-value des terres	7 500 000 *f*
Plus-value des frais de transport	8 000 000
Perte de temps dans les transports	3 000 000
Dépréciation de véhicules	750 000
— de la cavalerie	2 000 000
TOTAL.	21 250 000 *f*

Le mauvais état des routes en Virginie fait donc perdre annuellement 21 millions de francs au pays, soit, pour 1 656 000 habitants, 12,60 *f* par habitant et par an. Avec cet argent, on pourrait construire tous les ans 500 *km* de bonnes routes, et en quinze ans avoir un réseau de communication intérieure tout à fait comparable à celui de la France. Cette somme est, d'ailleurs, de beaucoup supérieure à la totalité des impôts perçus dans l'État, lesquels ne s'élèvent qu'à 10 millions environ, ce qui confirme en tout point les considérations ci-dessus.

L'auteur insiste, avec raison, sur ce qu'il y a de peu flatteur pour la civilisation de la fin du XIX^e^ siècle, de voir des régions, où on a construit à grands frais et avec toutes les ressources de l'art de l'Ingénieur, des milliers de kilomètres de chemins de fer difficiles à établir, restées dans l'enfance de l'art la plus complète au point de vue de la construction et de l'entretien des routes. C'est une situation qui ne peut être évidemment tolérée. Comme nous l'avons déjà indiqué, le mal dont se plaint l'auteur du mémoire est commun à la plupart des États de l'Amérique du Nord.

Il nous a paru intéressant de reproduire les considérations qui précèdent, non qu'elles aient un intérêt direct pour la France même à laquelle le mémoire que nous venons d'analyser rend, sous ce point de vue, un hommage mérité, mais il y a quelque chose d'utile à en tirer pour les pays neufs tels que les colonies où l'établissement de voies de communication a un intérêt capital.

L'acétylène et ses applications dans l'industrie. — L'acétylène est un carbure d'hydrogène gazeux découvert en 1838 par E. Davy, et qui a été surtout étudié par M. Berthelot. On a fait dernièrement beaucoup de bruit au sujet de ce corps, d'une nouvelle méthode de préparation industrielle et d'applications d'une portée extrêmement

etendue, qui ne tendraient à rien moins qu'à produire une véritable révolution dans certaines industries. L'acétylène a fait récemment l'objet d'une importante communication de M. le professeur Lewes à la *Society of Arts*, et d'un mémoire considérable de MM. Willson et Schakert dans le *Journal of the Franklin Institute*.

L'acétylène n'était connu qu'au point de vue scientifique et n'était obtenu qu'en petit et par des méthodes peu pratiques, lorqu'aux États-Unis M. T.-L. Willson réussit à le préparer par la réaction de l'eau sur un carbure de calcium obtenu artificiellement en traitant au four électrique un mélange de chaux et de charbon.

Ce carbure a la composition CaC^2. Si on le met en présence de l'eau, on a la réaction $CaC^2 + HO = C^2H^2 + CaO$ et on obtient de l'acétylène et de la chaux. Un kilogramme de carbure de calcium donne environ 310 *l* de gaz contenant 98 0/0 d'acétylène. Ce corps est peu soluble dans l'eau volume pour volume, et encore moins dans l'eau salée; il a une odeur excessivement forte et désagréable et peut se liquéfier sous une pression modérée, 20 *atm* à 0° C. et se solidifier à — 46° C., ce qui le rendrait facilement transportable sous un volume très réduit.

L'acétylène étant très riche en carbone, brûle avec une flamme extrêmement éclairante, d'où on prévoit pour ce gaz des applications très importantes au point de vue de l'éclairage. Ainsi le gaz ordinaire donnant 16 bougies pour 140 *l* par heure avec un bec plat, le même volume d'acétylène, avec un brûleur approprié à l'emploi d'un gaz très carburé, donnerait une lumière égale à 240 bougies, soit quinze fois plus. On pourrait employer l'acétylène pour l'enrichissement de gaz pauvres, mais on prévoit déjà son utilisation dans des appareils portatifs contenant dans leur base une cartouche de carbure de calcium sur laquelle on ferait arriver goutte à goutte de l'eau, laquelle mettrait l'acetylène en liberté au fur et à mesure de sa consommation. On ajoute que la flamme de ce corps, bien que très lumineuse, n'a pas une température élevée, moins de 1 000° C., tandis que celle du gaz de houille va à 1 350. C'est un avantage au point de vue de l'échauffement des locaux qui est un des inconvénients de l'éclairage au gaz.

En dehors de cette question d'éclairage, on indique déjà une foule d'applications pour l'acétylène; la fabrication de l'alcool, de la benzole, de la naphtaline, de l'aniline et des matières colorantes dérivées, des cyanures, etc. Enfin il trouverait des applications importantes dans la métallurgie.

Il y a bien quelques difficultés dans son emploi : ses propriétés vénéneuses et les composés explosifs qu'il forme avec certains métaux tels que le cuivre, mais on pourra y parer par des précautions spéciales qui n'ont rien d'extraordinaire dans l'industrie chimique.

Quoi qu'il en soit, on annonce qu'une Société américaine se propose de consacrer tout de suite 1 000 *ch* pris sur les forces motrices tirées des chutes du Niagara à la fabrication par procédés électriques du carbure de calcium. Ces 1 000 *ch* pourraient plus tard être portés à 10 000 et même 100 000. On pourrait ainsi amener le prix de la tonne de carbure à 35 *f*. Celui du mètre cube d'acétylène serait alors, à raison de 310 m^3 par tonne, de 1,15, ce qui donnerait pour l'équivalent d'un mètre cube de

gaz de houille 0,115 *f* avec un rapport de 10. Ce prix serait avantageux si on considère que l'acétylène peut être obtenu partout sur place par une manipulation très simple consistant uniquement en un traitement par l'eau, sans exiger d'usines, de canalisations, etc. Nous devons dire que les prix indiqués plus haut trouvent beaucoup d'incrédules, et on a donné des considérations d'après lesquelles il ne serait pas possible d'obtenir le carbure à beaucoup moins de 600 *f* la tonne.

L'expérience prouvera ce que valent réellement ces prévisions un peu enthousiastes, mais la question est intéressante, et on doit signaler cette solution originale qui consiste à demander l'éclairage à distance aux forces motrices naturelles sans l'intermédiaire coûteux des conducteurs électriques.

La surchauffe de la vapeur. — Dans notre chronique de mai 1892, nous avons donné un historique abrégé de l'application de la surchauffe aux machines marines, dans le but principalement de rappeler que cette disposition a été employée, il y a de trente à quarante ans, sur une échelle énorme, dans la navigation maritime, à tel point, qu'entre 1855 et 1865, on ne faisait guère de machine de bateaux sans surchauffeur. La surchauffe n'a été abandonnée que lorsque l'emploi des pressions plus élevées, rendu possible par la condensation par surface et celui de la détente en cylindres séparés, a amené par des moyens plus simples et plus sûrs les mêmes résultats économiques que la surchauffe avec des avantages accessoires très importants.

Les indications que nous donnions dans la chronique précitée ne remontaient guère qu'à 1851. Dans la chronique de juillet de la même année, nous avons ajouté quelques renseignements sur la question, obligeamment fournis par notre collègue M. Raffard, notamment sur les travaux, antérieurs à l'époque mentionnée ci-dessus, de Becker, de Moncheuil et de notre collègue M. de Quillacq, le constructeur bien connu de machines à vapeur. Nous n'avions fait que mentionner les brevets pris par ces ingénieurs et les points essentiels de leurs inventions, faute d'en savoir davantage à ce moment. Il nous paraît juste et intéressant à la fois, pour compléter l'aperçu historique que nous avions donné, il y a trois ans, de mentionner des applications faites en 1849 et 1850 par M. de Quillacq et qui prouvent que notre distingué collègue avait déjà su dès cette époque introduire la surchauffe dans la pratique de la construction des machines à vapeur.

Nous avons, en effet, sous les yeux une liste de 16 applications de la surchauffe à des machines de diverses natures, tant en France qu'en Belgique, faites par lui jusqu'à 1852. Nous croyons utile de donner les résultats de quelques-unes de ces applications, résultats certifiés par des ingénieurs de grande notoriété.

La machine des ateliers du chemin de fer de Montereau à Troyes avait été munie en 1849 d'un surchauffeur ajouté à la chaudière. De nombreuses expériences ont été faites sur cet appareil par M. Mollard, ingénieur du matériel, des rapports duquel nous avons eu communication. L'emploi de la vapeur surchauffée a toujours donné une augmentation considérable de puissance avec la même allure de la chaudière

et une réduction proportionnelle (environ 50 0/0) de consommation pour la même puissance; il s'agissait d'une petite machine à un seul cylindre travaillant sans condensation avec de la vapeur à 4 à 4 1/2 *kg* admise pendant la moitié de la course. Ce qui nous parait surtout important, c'est la déclaration de M. Mollard, en date du 19 septembre 1850, que l'appareil monté l'année précédente se trouvait au bout d'un an de service en aussi parfait état que le jour de sa mise en activité.

D'un rapport de M. Mehu, directeur des travaux des mines d'Anzin, il résulte qu'avec l'emploi de la vapeur surchauffée à la machine d'extraction « La Régie », on brûle 10 *l* de charbon par tonneau monté, alors qu'on en brûlait 14,4 avec la vapeur saturée. Dans un second essai opéré un peu plus tard, le premier chiffre a été réduit à 8,3 *l*, ce qui donnerait une économie de 42 0/0, et, dit le rapport, il faut ajouter à cette économie l'avantage résultant d'une grande augmentation de vitesse dans l'extraction, car on peut tirer jusqu'à 16 *tx* à l'heure au lieu de 10. Ces résultats ont amené l'application de la surchauffe à trois autres machines d'extraction, aux mines d'Anzin.

Un rapport de M. Glepin constate qu'aux mines du Grand-Hornu (Belgique), une machine d'épuisement a donné avec la vapeur saturée 93,9 *ch* en eau montée avec 400 *kg* de charbon par heure, et avec la vapeur surchauffée 110,9 *ch* avec 350 *kg* : économie 24,3 0/0. Sur un bateau à vapeur construit par M. Bichon, à Bordeaux, dont la chaudière fonctionnait à 5 *atm*, on obtenait, avec la vapeur saturée, 35,8 tours par minute avec une consommation de 1,3 *hl* de combustible. Avec la vapeur surchauffée, la pression a pu être portée à 5,9 *atm* et on a obtenu 37,6 tours par minute, avec une consommation d'un hectolitre à l'heure; les dépenses ramenées au même nombre de tours et à la même pression seraient donc dans le rapport de 100 à 62,6, ce qui représente une économie de 37,4 0/0.

Nous pourrions citer encore d'autres applications faites avec les mêmes résultats, nous nous bornerons à mentionner celle qui a été faite vers 1852, aux ateliers Ernest Gouin, aux Batignolles et à la suite du succès de laquelle, lisons-nous dans une notice autographiée datant de 1852, « M. Gouin fit un traité avec l'inventeur pour l'application du même système aux machines locomotives. et une machine du chemin de fer de Paris à Lyon lui fut confiée par l'ingénieur M. Sauvage pour y faire les modifications nécessaires à l'installation d'un réchauffeur en rapport par sa forme et ses dimensions avec la locomotive. » Il est indiqué plus loin que « M. Clément Desormes, entrepreneur de la traction du Chemin de fer de Saint-Etienne à Lyon, et gérant des Forges et Ateliers d'Oullins, a traité avec l'inventeur pour l'application de son procédé aux bateaux à vapeur du Rhône et de la Saône et en a commencé l'installation sur un bateau de 200 *ch* ».

Il est probable que l'essai sur la locomotive, si toutefois il a eu lieu, n'a pas eu de suite, car on n'en retrouve aucune trace. Quoi qu'il en soit, il nous a paru juste de rappeler la part qu'avait eue un de nos distingués collègues, dans l'introduction pratique de la surchauffe de la vapeur, il y a bientôt cinquante ans, et d'ajouter ce progrès à l'actif du rôle que M. de Quillacq a rempli dans le perfectionnement des machines à vapeur.

L'Institution of Civil Engineers. — Il nous paraît intéressant d'ajouter à ce que nous avons dit dans notre précédente chronique (avril, page 626), relativement à la situation actuelle de l'*Institution of Civil Engineers*, quelques renseignements sur l'installation que nous avons signalée et dans laquelle la grande Société anglaise va s'établir au mois de novembre prochain, à la reprise de ses travaux. Les journaux techniques anglais ont, il y a quelques semaines, consacré des articles importants à la description de cette installation.

C'est en 1838, vingt ans après sa fondation, que l'*Institution* s'établit au n° 25 de Great George street, qui fait encore partie de sa résidence actuelle. On construisit derrière la maison une salle de séances de 9 *m* sur 9 *m*. Dès 1846, cette installation étant devenue insuffisante, il fallut faire des agrandissements pour lesquels on dépensa environ 110 000 *f*. Mais un peu plus de vingt ans après, en 1868, on dut se préoccuper d'une nouvelle extension. A cet effet, l'*Institution* acheta une maison voisine et on exécuta les travaux qui conduisirent à l'installation actuelle: cette fois on dépensa, mobilier compris, environ 450 000 *f*. Les ressources furent empruntées au fonds de construction qui avait été créé en 1846 et alimenté par les souscriptions des membres et par la réalisation des fondations sans condition. Il restait encore après ces dépenses 75 000 *f* pour parer à de nouvelles nécessités, somme qui s'est rapidement accrue.

L'installation de l'*Institution* comportait donc jusqu'à maintenant une salle de séances, ou théâtre, de 18 *m* × 12 *m* avec une hauteur de 9 *m*, pouvant donner place à 450 personnes. La salle est éclairée par le haut, les banquettes sont disposées en amphithéâtre et en hémicycle; le pourtour est décoré avec des bustes d'Ingénieurs célèbres. Au-dessous de cette salle, sont des salles de lecture et de travail où se trouvent les principaux périodiques de tous les pays. Le devant de la maison est occupé par la bibliothèque et les bureaux nécessaires pour les services de l'*Institution*.

La salle des séances, telle qu'elle est, était suffisante, sauf pour les cas extraordinaires, mais il n'en était pas de même des autres parties. notamment de la bibliothèque. Celle-ci est une chose dont l'*Institution* peut, à bon droit, être fière. Commencée avec des livres donnés par Telford, elle comptait, en 1851, époque où fut fait le premier catalogue. 3 000 volumes et 1 500 brochures. Quinze ans plus tard, lorsqu'on fit un second catalogue, il y avait 5 500 volumes et 3 200 brochures. En 1873, l'importance de la bibliothèque s'était élevée à 10 443 volumes dont 320 formés de recueils de brochures et, à l'heure actuelle, elle compte à peu près 50 000 volumes occupant 682 *m* de rayons.

Dans les nouvelles installations, la bibliothèque occupe toute la façade au premier étage; elle aura donc 26 *m* de longueur sur 9 *m* de large et, malgré ces dimensions considérables, elle sera complétée par une petite bibliothèque ou salle de lecture placée plus loin à côté de la salle des séances et ayant 12 *m* de longueur sur 7,50 *m* de large. La grande bibliothèque, dont la hauteur est de 6,70 *m*, aura une galerie tout autour à la partie supérieure. La bibliothèque se trouve précédée d'une antichambre et d'un bureau pour le bibliothécaire et à côté de la salle des séances est disposé un cabinet pour les conférenciers. Au rez-de-chaussée sont

les bureaux des divers services. La superficie totale des constructions est d'environ 900 m^2.

Il n'est pas sans intérêt de dire quelques mots de l'importance des publications de l'*Institution* qui sont, comme tout le monde sait, de tout premier ordre. A l'origine et pendant longtemps, il n'y eut qu'un volume par an ou plutôt par session, car les sessions de l'*Institution* n'ont lieu que du commencement de novembre à la fin de mai (1). En 1870, on commença à donner deux volumes par an et en 1878 l'importance donnée aux publications et surtout le développement des extraits de publications étrangères introduits en 1874-1875, obligea à faire quatre volumes par session. Ces volumes comprennent trois parties : 1° les mémoires lus en séance avec la discussion et la correspondance qui s'y rapportent; 2° les mémoires non lus aux séances, mais jugés dignes d'être publiés, et 3° les extraits des publications étrangères. On peut ajouter les notices nécrologiques qui forment encore une partie distincte.

Les quatre volumes de 1893-94, savoir 115, 116, 117 et 118, comprennent ensemble 2 067 pages et 40 planches.

Il est intéressant de faire une comparaison entre ces publications et celles de la Société des Ingénieurs Civils de France. Les deux volumes des bulletins de cette dernière, formant l'année 1894, contiennent 1 695 pages et 31 planches, mais, si nous tenons compte de la différence des caractères, ce nombre pour pouvoir être comparé à celui de la publication anglaise devrait être réduit au 0,85 environ, ce qui donnerait 1 440 pages et 31 planches; c'est donc sensiblement *soixante-dix centièmes* pour le texte et *soixante-dix-sept centièmes* pour les planches de la valeur des publications de l'*Institution* sous le rapport de la *quantité*. Nous n'avons pas à parler de la valeur technique qui pour les deux nous semblent parfaitement comparable. Mais, si on prend le coût des publications, en s'en rapportant aux chiffres que nous avons donnés dans la chronique d'avril, page 626, on trouve que la Société des Ingénieurs Civils de France ne dépense pour ses publications que 46 000 *f* pour 2 500 membres, soit 18,40 *f* par membre, alors que l'*Institution* a dépensé, pour la période correspondante, 200 000 *f* pour 6 557 membres, étudiants compris, soit 30,30 *f*. Si on tient compte d'un coefficient moyen de correction de 0,72 *f* relatif à la *quantité*, on trouve les chiffres comparatifs de 18,4 pour notre Société et de 21,80 pour l'*Institution*, soit 18 0/0 de plus pour celle-ci. Il ne faut d'ailleurs pas oublier de faire remarquer que si nos publications étaient distribuées à 6 600 membres au lieu de 2 500, à cause des constantes de la composition du texte, de la confection des planches, etc., le prix par membre descendrait notablement au-dessous du chiffre indiqué, probablement à 15 *f* et même moins. Nous avons d'ailleurs indiqué précédemment que les deux Sociétés affectent sensiblement la même proportion de leurs dépenses à leurs publications.

Cette comparaison encourageante établit la valeur de nos publications qui ne sont peut-être pas appréciées partout comme elles méritent de l'être et montre ce qu'elles pourraient devenir si nos ressources permettaient de leur donner l'extension désirable.

(1) Pendant la session, il y a séance tous les mardis, sauf pendant les semaines de Noël, du Nouvel An et de la Pentecôte; il y a donc de 27 à 28 séances par session.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Mars 1895

Rapport de M. Ed. Sauvage sur un **système de modérateur pour frein à air comprimé**, de M. Chapsal, sous-chef du mouvement de la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest.

En général, les systèmes de freins continus modérables ont une action assez lente dans les trains de grande longueur, tandis que les freins à action rapide sont difficilement modérables. M. Chapsal est arrivé à douer, jusqu'à un certain point, de cette dernière qualité, le frein Westinghouse, qui agit rapidement, et cela par l'addition d'un modérateur. Cet appareil contient trois diaphragmes qui agissent comme des pistons différentiels à faible course, et par l'admission d'une certaine quantité d'air, rendent le frein moins sensible aux légères dépressions produites dans la conduite d'air comprimé. Un robinet d'isolement, qui permet d'interrompre le fonctionnement du modérateur, donne en même temps la faculté de varier la modérabilité du frein, ce qui peut avoir de l'intérêt, suivant la composition des trains.

Des expériences, faites sur le réseau de l'Ouest, et dont les résultats sont donnés dans des tableaux annexés au rapport de M. Sauvage, ont montré que la disposition de l'appareil qui en fait l'objet remplit le but d'une manière satisfaisante et relativement simple.

Nouveau procédé pour **l'épuration d'un grand nombre de substances organiques**, alimentaires ou autres, en particulier des sucres, alcools, eaux potables, etc., par M. Maumené.

Ce procédé est basé sur l'emploi des oxydants, notamment sur celui de l'acide permanganique.

L'auteur s'est assuré, par des expériences personnelles, que le manganèse n'exerce aucune influence fâcheuse sur l'organisme humain.

Les conséquences d'une épuration facile et rapide des sucres bruts seraient d'une importance énorme: elles se traduiraient par l'achèvement de la production du sucre dans les fabriques et la suppression des raffineries.

Elles ne seraient pas moins considérables pour les alcools. Pour ceux-ci, le mauvais goût provenant, en général, de la présence de composés sulfureux, on peut employer l'argent pour l'épuration partielle et la continuer par le permanganate. L'emploi de ce dernier a été proposé récemment pour l'épuration des eaux potables et donne de très bons résultats en Algérie. Avec une simple filtration dans un morceau d'étoffe de coton ou de lin, on obtient une eau dont les microbes sont totalement éliminés. Cette application est due à M^lle^ Schipiloff, de l'Université de Genève.

Le permanganate de potasse coûtant aujourd'hui moins de 1 *f* le kilogramme, son emploi est extrêmement économique et a l'avantage de n'exiger aucun appareil.

Revue de mécanique générale, par M. G. Richard. — **La machine à vapeur.**

Dans cette revue, l'auteur examine quelques-unes des nouveautés les plus intéressantes dans le domaine de la machine à vapeur.

Nous mentionnerons rapidement l'emploi du diagramme enthropique de Mac-Farlane Gray, les recherches de M. Donkin sur l'influence des parois, le changement de marche hydraulique de Joy, appareil ingénieux dont le principe, comme le rappelle avec raison M. Richard, a déjà été appliqué en France, il y a bientôt dix ans, par M. Muller, divers détails de distribution, tiroirs équilibrés, etc.

Ensuite vient la construction des chaudières, où sont passés en revue divers types de générateurs à petits éléments, et relatées des expériences effectuées sur quelques-uns, puis le tirage forcé, la question très importante des tuyauteries de vapeur, les tubes Serve, les appareils fumivores, les hélices multiples, quelques exemples de machines marines, l'emploi du pétrole pour le chauffage des locomotives, et l'emploi de l'avant-train articulé ou bogie pour les locomotives. On trouvera sur ces questions très diverses des renseignements intéressants.

Étude sur la **valeur des méthodes les plus usitées pour le dosage du carbone dans le fer,** par M. H. Ledebur.

Ces méthodes se divisent en deux groupes : 1° celles dans lesquelles on ne sépare pas préalablement le fer, et 2° celles où on sépare le fer avant la combustion du carbone. Le mémoire passe ces procédés en revue et donne une comparaison des résultats obtenus au moyen de sept méthodes différentes. L'auteur conclut que les deux méthodes pondérables, de Sarnstrom, pour le dosage du carbone total sont celles dont l'application est la plus avantageuse dans un laboratoire métallurgique; elles donnent d'ailleurs des résultats plus exacts que les autres; quelques précautions sont toutefois nécessaires, surtout à cause des grandes quantités de gaz qu'il y a à recueillir dans les tubes à potasse.

La méthode calorimétrique d'Eggertz est l'une des plus fréquemment employées pour le dosage du carbone dans les fers, mais on n'est pas très d'accord sur le degré de confiance qu'elle mérite ; elle donne, dans bien des cas, des erreurs, et est totalement inapplicable à certains composés de fer et de carbone.

Extrait d'un mémoire de M. R.-A. Hadfield sur **les alliages de fer et de chrome,** publié dans le *Journal of the Iron and Steel Institute* (n° 2, 1892), par M. R. Masse, ingénieur civil des Mines.

Ce mémoire contient des résultats d'essais de résistance effectués sur des échantillons de ferro-chrome préparés par fusion. On a aussi soumis ces échantillons à des essais de trempe, de soudure et de corrosion.

Composition et constitution de certains alliages, d'après C.-R.-A. Wright. (Extrait du *Journal of the Society of Chemical Industry.*)

Les progrès au haut fourneau (résumé du *Stahl und Eisen,* par M. P. Bayard).

Les progrès techniques réalisés en Allemagne depuis 1882 se résument, d'après les rapports présentés à l'assemblée générale des industries allemandes du fer, en janvier 1893, dans ce fait que la production a augmenté de 47 0/0, tandis que le nombre des hauts-fourneaux diminuait de 22 0/0 et que celui des ouvriers ne s'accroissait que de 3 0/0. Ces progrès consistent surtout dans : 1° l'agrandissement des hauts fourneaux et les améliorations apportées à leur construction; 2° l'augmentation de la température du vent; 3° les améliorations des machines soufflantes et la meilleure utilisation des gaz; 4° les améliorations des procédés de transport.

On peut estimer qu'avec les mêmes minerais, un haut fourneau qui donnait 60 *t* par jour, rend maintenant, aux nouvelles dimensions, 100 *t* en fonte de moulage et de 100 à 160 *t* en fonte blanche.

Dans la Haute-Silésie, on avait, il y a quinze ans, des fourneaux de 14 à 16 *m* de hauteur et 200 m^3 de capacité, traitant 80 0/0 de minerais locaux; le vent était chauffé à 400 degrés avec une pression de 150 à 200 *mm* de mercure. La consommation de coke était de 1 700 à 1 800 *kg*, la production journalière de 40 *t*; on avait à la tonne une main-d'œuvre de 1,80 journée d'homme.

Aujourd'hui les fourneaux ont 20 *m* de hauteur et 330 m^3 de capacité; ils ne traitent plus que 20 0/0 de minerais locaux. Le vent est chauffé à 700 à 800 degrés et sous pression de 300 *mm*. La production est de 100 à 120 *t*, la consommation de coke de 1 000 *kg* et la main-d'œuvre de 0,80 journée d'homme.

Lettre et circulaire de M. le Ministre de la Marine prescrivant l'adoption du **système de filetage** dit *système français* et de la **jauge décimale métrique** proposés par la Société d'Encouragement.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Mars 1895

Notice sur **l'état actuel de l'assainissement de Paris** et la loi du 10 juillet 1894, par MM. Bechmann, Ingénieur en chef, et Launay, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

On sait que la loi du 10 juillet 1894, sous la forme d'une simple mesure financière, d'une autorisation relative à un emprunt municipal de 117 500 000 *f* absolument spécialisé, consacre explicitement l'obligation de l'écoulement direct à l'égout des eaux-vannes et des matières

excrémentitielles, l'épuration agricole de la totalité des eaux d'égout de Paris, l'établissement sur les maisons de Paris d'une taxe de vidange représentative du service rendu et gage de l'emprunt spécial, triple innovation dont l'importance ne saurait être méconnue et qui constitue une phase nouvelle dans l'histoire des travaux de Paris.

L'objet de la note dont nous nous occupons est de présenter un tableau de la situation actuelle du service d'assainissement, tableau utile pour faire apprécier le chemin déjà parcouru et faire entrevoir l'évolution qui se prépare et donner en même temps quelques indications sommaires sur les moyens qui vont être mis en œuvre pour atteindre le but. Le système d'assainissement, au point de vue de l'évacuation des eaux usées, se divise en deux parties bien distinctes : 1° le réseau des égouts et 2° les installations nécessaires à l'épuration et à l'utilisation des eaux d'égout par l'épandage agricole. Ces deux parties font l'objet d'un examen détaillé.

Nous nous bornerons à rappeler que le réseau d'égouts de Paris, dont la caractéristique est d'être *unique*, se compose de trois collecteurs principaux et d'un ensemble de collecteurs secondaires qui y ramènent les eaux provenant des galeries affluentes disposées sous les rues; deux des collecteurs principaux débouchent dans la Seine, le premier à Clichy et le second à Saint-Denis, le troisième collecteur situé sur la rive gauche, traverse la Seine par le siphon de l'Alma et va déboucher dans le premier. La longueur totale des égouts est de 945 236 *m* dont 6106 extra-muros et le reste dans l'intérieur de l'enceinte. Si on ajoute à cette longueur celle des branchements reliant les maisons particulières aux égouts, on arrive à une longueur totale de 1 344 815 *m*.

Le curage, qui est une opération de première importance, comprend le curage des collecteurs et le curage des égouts ordinaires. Le curage des collecteurs s'opère par des vannes mues par la retenue d'eau formée derrière elles, celui des siphons s'opère par une boule en bois d'un diamètre un peu inférieur à celui du siphon lui-même; enfin, le curage des égouts ordinaires se fait à la main ou par des chasses d'eau. Le volume d'eau reçu dans les égouts et amené à Clichy par les collecteurs municipaux est évalué, pour 1893, à une moyenne de 394 409 m^3 par jour.

Si les égouts assainissent la ville, ce n'est qu'en portant l'infection dans les cours d'eau où débouchent les collecteurs. C'est pour éviter cet immense inconvénient que l'épuration s'impose, épuration qui constitue la seconde phase de la question. Actuellement la surface irriguée de la plaine de Gennevilliers où se fait l'épandage des eaux d'égout venant de Paris atteint 776 *ha* et la consommation des eaux d'égout a été, pour 1893, de 33 421 299 m^3, soit une moyenne de 91 500 m^3 par jour, un peu moins du quart du volume total.

L'auteur décrit successivement l'alimentation, la distribution et le drainage et s'étend sur les résultats obtenus.

Le dernier chapitre, qui traite de la période qui va s'ouvrir, examine le tout à l'égout, la transformation du réseau des égouts, et l'extension des irrigations à l'eau d'égout. On sait que le système du tout à l'égout comprend l'écoulement direct des matières de vidanges à l'égout, la ces-

sation du déversement au loin, et l'épuration totale des eaux par les irrigations agricoles.

Après avoir fait l'historique de la question et les diverses phases par lesquelles elle est passée, depuis les premiers essais de 1868 jusqu'au règlement préfectoral du 8 août 1894, la note décrit les travaux à exécuter pour satisfaire au programme. Ces travaux comprennent un grand collecteur aboutissant à Clichy, un nouveau siphon près du pont de la Concorde, et divers travaux accessoires, un aqueduc entre Clichy et Achères, et l'aménagement de terrains domaniaux situés de divers côtés, Achères, Méry, Pierrelaye, etc., une usine à Colombes pour relever les eaux à un plan plus élevé, etc. On peut affirmer, d'après l'auteur, qu'en juillet 1899 la souillure de la Seine aura complètement cessé, et que toutes les vidanges et les eaux d'égout seront conduites sur les champs d'épuration.

ANNALES DES MINES

4e livraison de 1895.

Sur la **géologie du Congo français**, par M. M. Barrat, Ingénieur des Mines.

Cet important mémoire rappelle sommairement la genèse de notre colonie du Congo, plus vaste déjà que la France, et en indique à larges traits les limites, puis elle en donne une rapide description physique. Il suffira d'indiquer que le pays, au moins dans la partie connue, présente trois aspects distincts. La zone littorale, plate et couverte d'alluvions, est découpée de lacs nombreux et d'estuaires profonds. La zone montagneuse commence à une distance variable de la côte et s'élève à des altitudes assez différentes, de 800 à 1 500 *m*. Il y a enfin de vastes régions marécageuses, complètement inondées à la saison des pluies, et présentant, à la saison sèche, un réseau de canaux au milieu d'une épaisse couche d'alluvions.

L'auteur fait ensuite l'historique des explorations géologiques, commençant à celle de l'Autrichien Lenz, en 1876, jusqu'à celles de l'auteur lui-même, en 1893. Il décrit ensuite les formations littorales et superficielles, la région de l'Ogooué, celle du Congo, les monts de Cristal et la vallée du Niari. Une partie importante est consacrée à l'étude des gîtes minéraux et métallifères. Les combustibles minéraux et le pétrole ne paraissent pas y exister d'une manière appréciable, mais les minerais de fer et de manganèse y sont très abondants, le cuivre également, ainsi que les matériaux de construction.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Mars 1895.

District du Centre.

Séance tenue à Montluçon, le 16 décembre 1894.

Communication de M. de Morgues sur **les turbines de Laval.**

On se rappelle que cette question a été traitée devant notre Société dans la séance du 5 avril dernier. On a installé deux turbines à vapeur de ce système à Saint-Eloy, pour l'éclairage d'un nouvel et important atelier de préparation mécanique de charbons. La consommation d'énergie électrique devant varier dans des limites très étendues, on a installé deux dynamos actionnées par des turbines de Laval de 15 *ch*, avec des ajutages permettant de réduire de moitié la force de chaque machine sans augmentation sensible de la consommation de vapeur par cheval-heure, que les constructeurs garantissaient à 25 *kg* pour une pression de 5 *kg*, avec échappement à l'air libre.

Cette installation fonctionne depuis quelques mois avec une régularité parfaite.

Visite à l'usine de Saint-Jacques. — Salle des essais. Laboratoire de chimie. Laboratoire de physique.

Le bâtiment du service des essais de l'usine de Saint-Jacques comprend d'abord une salle d'essais mécaniques de 20×15 *m*, contenant diverses machines à essayer les métaux à la traction, à la flexion, au choc et au pliage. Il y a également un laboratoire de chimie de 580 m^2 de superficie avec ses annexes, contenant toutes les installations et les appareils pour les essais et dosages, et un cabinet de physique réservé aux études physiques des aciers; on remarque notamment dans ce dernier les appareils nécessaires pour la méthode de refroidissement préconisée par notre collègue M. Osmond, au moyen desquels on obtient des courbes donnant les temps en fonction des températures; ces courbes sont en quelque sorte des caractéristiques du métal et donnent des indications précieuses sur les températures à choisir pour la trempe et le recuit.

District du Nord

Séance du 16 décembre 1894.

Communication de M. Naissant sur des **régulateurs pour pompes et compresseurs.**

Ces appareils ont pour objet de régler la marche d'une pompe d'après la consommation d'eau, et cela de façon automatique, en laissant con-

tinuer la marche de la pompe. Ils sont constitués par une sorte d'accumulateur formé d'un piston chargé par des contre-poids, et qui, en montant plus ou moins, agit sur un papillon qui contrôle l'arrivée de la vapeur au cylindre moteur.

Un système analogue est appliqué aux compresseurs et le papillon, placé sur la conduite de vapeur, est disposé pour fermer dans les deux sens : 1° lorsque la pression de l'air atteint 6 *kg* ; 2° lorsque cette même pression tombe au-dessous de 2 *kg*, de sorte que, si une chute brusque de pression venait à se produire, le compresseur, au lieu d'accélérer sa marche, s'arrêterait.

Ce genre d'appareil est peu volumineux ; son poids total, pour une machine de 300 *ch*, ne dépasserait pas 80 *kg*.

Communication de M. Schmidt sur les **applications de la congélation.**

Le procédé bien connu de Pœtsch a reçu depuis une dizaine d'années un assez grand nombre d'applications dans lesquelles les dispositifs d'exécution ont dû être suivis suivant les conditions locales. L'auteur cite parmi les plus récentes, celles qui ont été faites aux mines de Dourges, aux mines d'Anzin et à celles de Flines-les-Ruches, cette dernière en voie d'exécution. On se sert aussi en ce moment du même procédé pour réparer le cuvelage du puits d'un des ascenseurs des Fontinettes. On a presque toujours réussi avec cette méthode et les quelques échecs qu'on a eu à constater sont dus à des circonstances exceptionnelles ou à des fautes telles que l'épuisement des eaux pendant les périodes de congélation et de fonçage, lequel créait des courants souterrains venant dégeler la paroi de glace.

Communication de M. Bornet sur **l'injection d'eau au fond des trous de mines** par des fleurets creux.

Des essais faits à Anzin avec des fleurets creux injectant de l'eau au fond des trous de mines ont indiqué un avantage de 73 0/0 sur les fleurets ordinaires actionnés par la même perforatrice dans la même roche.

Communication de M. L. Neu sur sa **perforatrice rotative.**

Cet appareil est actionné, par l'intermédiaire d'un arbre flexible en fil d'acier, par un moteur électrique de 2 *ch*. Ce moteur actionne également une pompe qui injecte de l'eau dans le trou par l'intérieur de l'outil, comme il vient d'être expliqué plus haut. Cette perforatrice a donné un avancement de 8 *cm* par minute dans la pierre de Soignies, sans détérioration du foret.

Communication de M. A. François sur **la perforatrice L. Thomas.**

Dans cet appareil, on a réalisé une simplification en remplaçant la vis par le fleuret qui se place dans un écrou rond rotatif, on diminue ainsi l'usure et on peut forer des pierres plus dures. L'auteur décrit également

un système de coins pour faire éclater la pierre dont les joues sont parallèles de manière à mieux porter; il y a un coin et deux contre-coins intérieurs.

Communication de M. Gruner sur **les caisses de secours et de retraite.**

Communication de M. Breton sur **un sondage à Gravelines.**

Ce sondage a pour objet de faire une recherche de houille sur le littoral du Pas-de-Calais et de la mer du Nord dans le but de trouver la continuation du bassin du Pas-de-Calais, avant son passage de l'autre côté de la Manche, où on a récemment constaté sa présence.

Réunion de Saint-Étienne

Seance du 2 mars.

Communication de M. Termier sur **le sondage de Saint-Bonnet-de-Mure.**

Ce sondage, pratiqué dans la commune de Saint-Bonnet-de-Mure (Isère), avait pour objet la recherche, sous les terrains quaternaires et tertiaires qui forment les plaines du Bas-Dauphiné, du prolongement du bassin houiller de Saint-Étienne.

On a reconnu le terrain houiller à une profondeur de 655 *m*. Malheureusement la fréquence des éboulements a conduit à rétrécir considérablement le diamètre du trou de sonde qui est descendu à 0,09 *m* et il est à craindre qu'on ne soit bientôt arrêté par des difficultés techniques insurmontables. Toutefois, le sondage a donné jusqu'ici des renseignements géologiques très importants, il a notamment traversé des gisements considérables de minerais de fer et de manganèse très riches.

Communication de M. Rateau sur **la pression du grisou.**

Il s'agit d'expériences faites en Belgique pour rechercher, au moyen de trous de sonde, la pression du grisou dans les couches sujettes à des dégagements instantanés, afin d'apprécier s'il y avait une relation habituelle entre ce phénomène et la répartition des pressions.

Dans ces expériences, après le forage de trou de sonde, on le fermait avec un mortier de ciment après y avoir introduit un tube en fer communiquant avec un appareil manométrique. On a trouvé une répartition très inégale des pressions d'où on a pu conclure que la loi de cette répartition, loin de suivre les relations indiquées par M. Lindsay Wood et M. Mallard, échappaient probablement à tout calcul général. Les expériences de M. Petit, au puits du Treuil, confirment ces conclusions.

Mais en même temps on possède assez de faits pour pouvoir admettre que les sondages peuvent donner des indications suffisantes pour faire prévoir l'approche d'un dégagement instantané de grisou et faire évacuer le chantier reconnu dangereux.

Communication de M. MAURICE, sur des expériences relatives aux **variations de la pression dans les machines d'épuisement.**

Ces expériences, publiées dans les *Proceedings of the South Wales Institute of Engineers*, ont été faites sur une machine de Cornouailles.

On a constaté, dans la pression au refoulement, mesurée au manomètre, des variations très considérables qu'on doit attribuer aux vibrations très intenses qui se produisent. On peut corriger cet effet fâcheux par l'admission, concurremment avec l'eau, d'une certaine quantité d'air à chaque expiration.

L'emploi raisonné du manomètre, dans ce genre d'observations, a de plus l'avantage de faire découvrir des avaries dans les machines qui resteraient inconnues autrement, et qui diminueraient le rendement sans qu'on se doute de la cause.

Les industries du fer et de la houille en Belgique. (Extrait du *Colliery Guardian.*)

Expériences sur l'inflammation des poussières charbonneuses. (Extrait du *Colliery Guardian.*)

L'industrie du naphte à Bakou. (Extrait du *Colliery Guardian.*)

En 1893, la production totale du naphte dans la presqu'île d'Apcheron a été de 10 867 milliers de tonnes, en augmentation de 13,6 0/0 sur l'année précédente. Sur ce total, 3 533 proviennent des puits avec extraction par pompes, les autres 7 334 000 tonnes, des sources. Il y avait 458 puits en activité, 25 lignes de tuyaux d'une longueur totale de 262 *km* reliant les puits à Bakou. En plus, 114 raffineries contenant 1 149 cornues et des réservoirs pour 453 000 *t* de naphte brut. Les prix extrêmes de la tonne de naphte brut livrée à Bakou ont été de 1,40 à 4,36 *f*, soit une moyenne de 2,88 *f*.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 18. — *4 mai 1895.*

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley.

Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzche *(suite)*.

Expériences anglaises sur des moteurs à pétrole, par R. Schöttler.

Aperçu sur la question : l'industrie allemande présente-t-elle un avenir suffisant pour justifier l'établissement de nouveaux ateliers de construction de machines ? par C. Bach.

Groupe d'Aix-la-Chapelle. — Moyens de prévenir les chocs dans les pompes à air des machines à vapeur à fonctionnement rapide.

Groupe de Hambourg. — Rapports des inspecteurs de fabriques. — Nouveautés dans la fabrication du verre.

Groupe de Westphalie. — Les gisements de minerais de fer de la Suède et de la Norvège et l'emploi de ces minerais par la métallurgie allemande.

Association allemande des Ingénieurs mécaniciens. — Adoption de types normaux pour le matériel roulant des chemins de fer prussiens.

Bibliographie. — Les moteurs à gaz, par G. Chauveau.

N° 19. — *11 mai 1895.*

Développement des moteurs à pétrole, par R. Schöttler.

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(suite)*.

Les machines agricoles à l'Exposition de la Société allemande d'agriculture à Berlin, en 1894, par Grundke *(suite)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Calorimètre de Junker.

Groupe de Wurtemberg. — Nos connaissances actuelles dans la question de la pression du vent et de la résistance de l'air d'après l'expérience.

Bibliographie. — Construction des routes, par F. Lowe. — Rapports de Antoine de Kerpelys sur les progrès de la métallurgie en 1890-91, par Th. Beckert.

Correspondance. — Emploi des chaudières à petits éléments dans la navigation.

N° 20. — *18 mai 1895.*

La navigation aérienne et la vitesse du vent, par A. Richter.

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(suite)*.

Superstructure des chemins de fer prussiens, par A. Goering.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Alimentation d'eau de Nuremberg. — L'électro-calorimètre.

Groupe de Mannheim. — Programme d'un voyage d'études en Angleterre.

Bibliographie. — Manuel de la fonderie de fer, par E.-F. Dürre, — Les moteurs à pétrole et à benzine, par G. Lickfeld.

N° 21. — *25 mai 1895.*

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(suite)*.

Irrégularité dans le courant produit par les ventilateurs, par G. Linden.

Expériences de rendement sur les moteurs à pétrole, par W. Hartmann *(fin)*.

Groupe de Teutoburg. — Le fraisage dans la construction des machines.

Bibliographie. — Les mines et la métallurgie à l'Exposition de Chicago, par J. Gangl von Ehrenberg.

Variétés. — Exposition générale d'agriculture à Cologne. — Instructions pour le service des établissements techniques d'essais.

Correspondance. — Suppression des chocs dans les pompes à air à fonctionnement rapide.

Pour la Chronique et les Comptes Rendus :

A. MALLET.

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,

A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 10984-6-95. — (Encre Lorilleux).

MÉMOIRES

ET

COMPTE RENDU DES TRAVAUX

DE LA

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS DE FRANCE

BULLETIN

DE

JUIN 1895

N° 6.

Sommaire des séances du mois de juin 1895 :

1° *Épuration préalable des eaux industrielles par l'emploi de l'aluminate de baryte.* Observations de M. P. Regnard au sujet de la communication de M. E. Asselin (Sur l') (Séance du 7 juin), page 756;

2° *Décès* de MM. E.-J.-B. Chauvel, M. Aivas, H.-E. Langlois, L.-P. Joubert, A. Laborde (Séances des 7 et 21 juin), pages 756, 757 et 771;

3° *Notice nécrologique* sur M. H. Langlois, lettre de M. Guigon-Bey (Séance du 7 juin), page 757;

4° *Notice nécrologique* sur M. L.-Ph. Joubert, par M. J. Fleury (Séance du 7 juin), page 757;

5° *Décorations* (Séance des 7 et 21 juin), pages 758 et 771;

6° *Nomination de M. L. Appert comme membre de la Commission supérieure de l'Exposition de 1900* (Séance du 7 juin), page 759;

7° *Nomination de M. E. Trélat, comme membre du Jury du concours pour l'installation de la Cour des Comptes* (Séance du 7 juin), page 759;

8° *Nomination de M. P. Grand, au grade de Pacha* (Séance du 7 juin, page 759;

9° *Vente de l'hôtel de la Société* (Annonce officielle de la) (Séance du 7 juin), page 759;

10° *Pli cacheté déposé par M. P.-E. Chouanard* (Séance du 7 juin), page 759;

11° *Outillage des navires et des ports, et en particulier le transporteur « Temperley »*, par M. P.-P. Guéroult (Séance du 7 juin), page 759;

12° *Caisses de retraite organisées par les Compagnies houillères en faveur des ouvriers mineurs*, par M. A. Gibon (Séance du 7 juin), page 763;

13° *Situation financière de la Société* (Compte rendu de la), par M. H. Couriot, trésorier (Séance du 21 juin), page 764;

14° *Prix annuel* décerné à M. E. de Marchena (Séance du 21 juin), page 770;

15° *Prix Michel Alcan*, décerné à M. R. Sereau (Séance du 21 juin), page 770;

16° *Prix François Coignet*, décerné à MM. G. Dumont et G. Baignères (Séance du 21 juin), page 770;

17° *Décès* de M. Louis Delépine, Secrétaire-Archiviste de l'Association Amicale des Anciens Elèves de l'École Centrale (Séance du 21 juin), page 771;

18° *Nomination de MM. A. Brüll, J. Fleury et L.-M. Langlois, comme experts (Catastrophe de Bouzey)* (Séance du 21 juin), page 771;

19° *Nomination de M. Henri Schneider, comme membre d'honneur de l'Institution of Civil Engineers de Londres* (Séance du 21 juin), page 771;

20° *Congrès d'assainissement et de salubrité, à Paris, en 1895* (Séance du 21 juin), page 772;

21° *Congrès de l'Association pour l'avancement des sciences, à Bordeaux, en 1895* (Séance du 21 juin), page 772;

22° *Congrès pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux, à Zurich en 1895* (Séance du 21 juin) page 772;

23° *Congrès des Chemins de fer, à Londres, en 1895* (Séance du 21 juin), page 772;

24° *Ingénieurs des Constructions civiles. Lettre de M. E. Pontzen* (Séance du 21 juin) page 772;

25° *Concours organisés par les Magasins du Louvre* (Séance du 21 juin), page 772;

26° *Réception faite aux Naval Architects venus à Paris* (Compte rendu de la) par M. Léon Appert, Président de la Société (Séance du 21 juin), page 772;

27° *Construction des lignes de Joigny à Toucy et de Sens à Egreville* (Rapport sur la) (Séance du 21 juin), page 773;

28° *Étude comparative des transmissions de mouvement par câbles et par courroies, piliers d'attaque, arbres et paliers, et compte rendu des expériences entreprises en 1894, par la Société Industrielle du Nord de la France, sur la puissance absorbée par l'un ou par l'autre de ces deux systèmes*, par M. V. Dubreuil. (Observations de MM. Bertrand de Fontviolant, E. Badois, Ch. Compère, A. Brüll, G. Dumont (Séance du 21 juin) page 773;

Mémoires contenus dans le bulletin de juin 1895 :

29° *La métallurgie du fer et de l'acier aux Expositions universelles de 1889 à Paris, et en 1894 à Lyon*, par M. J. Euverte, page 781;
30° *L'outillage des navires et des ports et, en particulier, le transporteur « Temperley »*, par M. P.-P. Guéroult, page 894;
31° *Chronique* n° 186, par M. A. Mallet, page 909;
32° *Comptes rendus*, — page 917;
33° *Bibliographie*, — page 928;
34° *Table des matières* contenues dans le 1er semestre du Bulletin de 1895, page 931;
35° *Table alphabétique par noms d'auteurs* des mémoires insérés dans le 1er semestre du Bulletin de 1895, page 939;
36° *Planches* nos 138, 139, 140 et 141.

Pendant le mois de juin, la Société a reçu :

35403 — De MM. Gauthier-Villars et fils, éditeurs. *Transmissions par câbles métalliques*, par Léauté et Bérard (petit in-8° de 184 p.). Paris, Gauthier-Villars et fils, 1895.

35404 — De la Chambre de Commerce de Dunkerque. *Chambre de Commerce de Dunkerque. Recueil des procès-verbaux des séances, 1895.* Dunkerque, Paul Michel, 1895.

35405 — Dito. *Chambre de Commerce de Dunkerque. Statistique maritime et commerciale du port et de la circonscription consulaire, 1894.* Dunkerque, Paul Michel, 1895.

35406 — De M. E. Mathieu (M. de la S.). *Exploitation des villes et des communes de France par les Compagnies gazières* (grand in-8° de 168 p.). Vouziers, F. Boquillon, 1893.

35407 — Dito. *Fédération nationale des consommateurs de gaz, d'électricité et de pétrole. Congrès de Nancy des 23 et 24 juillet 1893* (grand in-8° de 64 p.). Nancy, G. Crépin-Leblond, 1893.

35408 — Dito. *Fédération nationale des consommateurs de gaz, d'électricité et de pétrole. Congrès de Reims, 10 et 11 juin 1894* (grand in-8° de 287 p.). Reims, *L'Indépendant Rémois*, 1895.

35409 — De M. Honoré. *Six derniers brevets ou testament Honoré* (in-8° de 95 p.). Paris, Larousse, 1895.

35410 — De la Compagnie du chemin de fer du Nord. *Compagnie du chemin de fer du Nord. Assemblée générale du 29 avril 1895. Rapport présenté par le Conseil d'administration. Résolutions de l'Assemblée générale.* Lille, L. Danel, 1895.

35411 — De M. J.-A.-L. Waddell (M. de la S.). *The Halsted Street Lift Bridge* (in-8° de 60 p. avec 5 pl.).

35412 — *Annales des mines. Table des matières de la VIIIe série décennale 1882-1891* (in-8° de 434 p.). Paris, Vve Ch. Dunod, 1893.

35413 — De M. E. Candlot (M. de la S.). *L'industrie des chaux hydrauliques et des ciments en France* (p. 299 à 336 de la Revue générale des sciences pures et appliquées, n° 7 du 15 avril 1895) Paris, Georges Carré, 1895.

35414 — De la Compagnie de la chaudière mixte. *Compagnie de la chaudière mixte, 28, rue Saint-Lazare, Paris. Notice sur la chaudière mixte, système Solignac* (in-4° de 8 p. avec 4 pl.). Valence et Paris, Jules Céas et fils.

35415 — De M. C. Margutti. *Étude pour l'application de la vapeur surchauffée et emmagasinée à la propulsion de voitures automotrices de tramways* (une feuille in-4°). Milano.

35416 — De MM. E. Bernard et C^ie^, éditeurs. *Notes et formules de l'Ingénieur, du constructeur-mécanicien, du métallurgiste et de l'électricien*, par Barré, Vigreux, Bouquet et Campredon (in-16° de 1 002 p. avec 725 fig.). Paris, E. Bernard et C^ie^, 1895, 10^e^ édition.

35417 — De la Direction de l'Office du Travail. *Statistique des grèves et des recours à la conciliation et à l'arbitrage survenus pendant l'année 1894* (in-8° de 304 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35418 et 35419 — De M. F. Valton (M. de la S.). *Manuel de la métallurgie du fer*, par A. Ledebur (2 vol. grand in-8° de 534 p. et de 691 p.). Paris, Baudry et C^ie^, 1895.

35420 — De M. Barba (M. de la S.). *Cahier des charges de diverses Administrations. Relevé des conditions d'essai (fers et aciers)* présenté par M. Barba (in-4° de 97 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35421 — Dito. *Sur les essais à la traction.* Rapport présenté par MM. Barba et Duplaix (in-4° de 70 p. avec 3 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1894.

35422 — Du Ministère des Travaux publics. *Service hydrométrique du bassin de l'Adour. Observations sur les cours d'eau et la pluie centralisées pendant l'année 1892.* Pau, Garet, 1894.

35423 — De M. A. Vivien (M. de la S.). *De l'emploi du sucre en agriculture pour la nourriture du bétail* (in-8° de 32 p.). Compiègne. H. Lefebvre, 1895.

35424 — De M^me^ A. Durand-Claye. *Le monument d'Alfred Durand-Claye à Asnières. Inauguration le 27 avril 1894* (grand in-8° de 54 p.). Paris, F. Levé, 1894.

35425 — De M. Schulthess-Rechberg (M. de la S.). *Compagnie de l'industrie électrique* (album in-8° oblong). Genève.

35426 — De M. D.-G.-J. de Guillen-Garcia (M. de la S.). *Explosiones de generadores de vapor* (grand in-8° de 278 p. avec 133 fig.). Barcelona, 1895.

35427 — De la Société industrielle de l'Est. *Hygiène et sécurité ouvrières dans les ateliers. Rapport sur les résultats de l'enquête relative aux conséquences de la loi du 12 juin 1893 et du règlement du 10 mars 1894*, par E. Auguin (in-12 de 49 p.). Nancy, A. Nicole, 1895.

35428 — De M. P. Grand-Pacha (M. de la S.). *Rapport sur les temples égyptiens adressé à S. E. le Ministre des Travaux publics* (in-4° de 61 p. avec 15 pl.). Le Caire, Imprimerie nationale, 1888.

35429 — Dito. *Rapport sur les Bibliothèques présenté à S. E. le Ministre des Travaux publics* (petit in-4° de 46 p.). Le Caire, Imprimerie nationale, 1894.

35430 — De M. G. Duca. *Congrès international des chemins de fer. V^e session. Londres, 1895. Question XIII. Organisation des services* (in-8° de 239 p.). Bruxelles.

35431 — De M. Blanchet (M. de la S.). *Exposition internationale de Chicago en 1893. Rapports publiés sous la direction de M. Camille Krantz. Comité 20. Papier et articles de papeterie. Rapport de M. Blanchet* (grand in-8° de 83 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35432 — De M. le Directeur du Bureau international des Poids et Mesures. *Travaux et Mémoires du Bureau international des Poids et Mesures.* Tome X. Paris, Gauthier-Villars et fils, 1894.

35433 — De M. Ch. Le Bon. *Chemin de fer du Grand Central Belge. Direction des voies et travaux. Compte rendu de l'exercice 1894.* Bruxelles, 1895.

35434 — De M. H. Paur (M. de la S.). *Beschlüsse der Conferenzen zu München, Dresden, Berlin, und Wien, über Einheitliche Untersuchungs-Methoden bei der Prüfung von Bau- und Constructions-Materialien auf ihre mechanischen Eigenschaften zusammengestellt im Auftrage der Wiener Conferenz*, von J. Bauschinger (in-8° de 56 p.). München, 1893.

35435 — Dito. *Rapports sur les épreuves de charge jusqu'à rupture de l'ancien pont sur l'Emme à Wolhusen*, publié par le Département Fédéral Suisse des Postes et des Chemins de fer (in-4° de 49 p. avec 18 pl.). Berne, 1895.

35436 — De M. H. Chapman (M. de la S.). *The testings of Hydraulic Cements*, by W. Harry Stanger and Bertram Blount (in-8° de 31 p.). London, 1894.

35437 — Dito. *American Rail and Tramways*, by Jeremiah Head (in-8° de 64 p.). Middlesbrough, 1895.

35438 — Dito. *The Manufacture of cheap Pig Iron, etc., in the Southern States of the North America*, by Jeremiah Head (in-8° de 5 p.). Middlesbrough, 1895.

35439 — De M. Schulthess-Rechberg (M. de la S.). *Le chemin de fer électrique à crémaillère du mont Salève près de Genève* (in-4° de 16 p. avec 2 pl.). Paris, V^ve Ch. Dunod et P. Vicq, 1895.

35440 — Dito. *Communes de la Chaux-de-Fonds et du Locle. Rapport du Jury sur le concours relatif au profit d'utilisation et de transport par l'électricité d'une partie des forces motrices de la Reuse*, par A. Palaz (petit in-4° de 51 p.). La Chaux-de-Fonds, 1894.

35441 — De M. L. Malo (M. de la S.). *L'alcool et l'ouvrier* (in-12 de 23 p.). Lyon, Imprimerie du Salut Public, 1895.

35442 — De l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail. *Bulletin de l'Association des Industriels de France contre les accidents du travail*, n° 7, 1895. Paris, Siège de l'Association, 1895.

35443 — De la Direction des travaux de Paris. *Ville de Paris. Direction des travaux. Notes à l'appui du compte des dépenses de l'exercice 1893. Service de l'assainissement* (in-4° de 65 p.). Paris, Chaix, 1894.

35444 — Dito. *Les égouts de Paris à la fin de 1885*, par Humblot (in-4° de 113 p. avec 3 pl.). Paris, Chaix, 1886.

35445 — De M. R. Pictet (M. de la S.). *Note sur le laboratoire de l'Institut Raoul Pictet*, par J. Sengeisen (in-8° de 4 p.). Paris, Chaix, 1895.

35446 — De l'Institution of Naval Architects. *Sur les chaudières à tubes d'eau*, par J.-A. Normand (in-4° de 12 p. avec 2 pl. autog.). Paris, 1895.

35447 — Dito. *The Niclausse Water-tube boiler*, by Mark Robinson (in-4° de 17 p. avec 1 pl.), 1895.

35448 — Dito. *On Water tube boilers*, by J.-A. Normand (in-4° de 10 p. avec 2 pl.), 1895.

35449 — Dito. *The cost of warships*, by Francis Elgar (in-4° de 28 p.). 1895.

35450 — Dito. *M. G. Meter*, by Archibald Denny (in-4° de 4 p., avec 1 pl.). 1895.

35451 — Dito. *On wood and copper sheating for steel ships*, by William White (in-4° de 14 p., avec 3 pl.). 1895.

35452 — Dito. *The amplitude of rolling on a non synchronous wave*, by Émile Bertin (in-4° de 6 p., avec 5 pl.). 1895.

35453 — Dito. *Of steam vessels of light scantlings for special purposes of trade*, by B. Martell (in-4° de 6 p., avec 13 pl.). 1895.

35454 — Dito. *On coupling boilers of different systems*, by Pierre Sigaudy (in-4° de 3 p.), 1895.

35455 — Dito. *Institution of Naval Architects. Summer Meeting in Paris, 1895. Official Programme* (in-8° de 20 p., avec 1 pl.). 1895.

35456 — *La Grande Encyclopédie, tome XXI.* Paris, H. Lamirault.

35457 — Du Ministère des Travaux publics. *Commission des méthodes d'essais des matériaux de construction. Première session, tome III. Section A (métaux). Rapports particuliers (deuxième série)* (in-4° de 440 p., avec 26 pl.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35458 — De M. P. Smith (M. de la S.). *Economic and Géologic Map of the State of New-York showing the location of its mineral deposits*, by F.-J.-H. Merril. New-York, 1895.

35459 — De M. Niclausse (M. de la S.). *Société des générateurs inexplosibles, brevets Niclausse* (petit in-4° de 26 p.). Valence et Paris, Jules Céas, 1895.

35460 — De M. Delaunay-Belleville (M. de la S.). *Institution of Naval Architects. Visite du 14 juin 1895 aux établissements de MM. Delaunay-Belleville et Cie* (in-8° oblong de 86 p.). Paris, Ch. Humblot, 1895.

35461 — De la Direction des Travaux de Paris. *Notice sur le canal Saint-Denis et la reconstruction de ses écluses*, par Humblot et Renaud (in-8° de 7 p., avec 2 pl.). Paris, E. Gauche, 1891.

35462 — De M. H. Hersent (M. de la S.). *Note sur l'emploi de l'air comprimé pour l'exécution des ouvrages hydrauliques, et spécialement des fondations* (in-4° de 34 p.). Paris, Chaix, 1895.

35463 — Dito. *Exposition de Bordeaux, 1895. H. Hersent, entrepreneur de travaux publics.* Paris, Chaix, 1895.

35464 — De M. Jules Garçon (M. de la S.). *Sur un manuscrit de Gonfreville intitulé : l'art de la teinture en coton* (in-4° de 5 p.). Paris, Chamerot et Renouard.

35465 — Du Ministère de l'Instruction publique. *Programme du Congrès des Sociétés savantes à la Sorbonne en 1896* (grand in-8° de 15 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35466 — Dito. *Congrès des Sociétés savantes. Discours prononcés à la séance générale du Congrès, le samedi 20 avril 1895*, par Moissan et Poincaré (grand in-8° de 32 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35467 — Dito. *Comité des travaux historiques et scientifiques. Liste des membres* (grand in-8° de 106 p.). Paris, Imprimerie nationale, 1895.

35468 — De M. Delecroix. *Statistique des houillères en France et en Belgique au 1er janvier 1895* (grand in-8° de 384 p.). Lille, L. Danel, 1895.

Les Membres nouvellement admis pendant le mois de juin 1895, sont :

Comme Membres Sociétaires, MM. :

L.-P. Charpentier,	présenté par MM.	Rémaury, Demolon, de Monicourt.
Ch.-N. Dillon,	—	Delgobe, Canet, Godillot-Alexis.
E.-L. Duchesne,	—	Harlé, Dehenne, Ratouis.
J.-L.-A. Duris,	—	E. Bert, Krieg, Monet.
L. Mercier,	—	L. Appert, du Bousquet, Terrier.
J.-H. Petit,	—	Collin, Zbyszewski, Mallet.
F.-Ch. Taupiat,	—	Demolon, Rémaury, de Monicourt.
A.-E. Taveau,	—	L. Appert, Baclé, Canet.

Comme Membre Associé, M.

J. Lamaizière, présenté par MM. Gottschalk, A. Maire, Bougault.

RÉSUMÉ

DES

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

DU MOIS DE JUIN 1895

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 7 JUIN 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. P. REGNARD demande que le procès-verbal de la dernière séance soit rectifié, en ce qui concerne la fabrication de la baryte caustique dont il a été parlé incidemment par M. de Rycerski. M. de Rycerski a dit, en effet, que la fabrication de la baryte caustique avait lieu, à l'usine de Comines, au moyen des procédés et appareils de notre ancien et regretté Collègue Tessié du Motay.

Après cette observation, le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de deux de nos Collègues : M. Émile-Jean-Baptiste Chauvel, élève de l'École Centrale, promotion de 1848, membre de la Société depuis 1849, était manufacturier. Ancien Président du Tribunal et de la Chambre de Commerce et membre du Conseil municipal d'Évreux, il était Chevalier de la Légion d'honneur.

M. L. Rey, vice-Président et délégué de notre Société, ainsi que M. L. A. Berthon, pour l'Association amicale des anciens Élèves de l'École Centrale, ont prononcé chacun un discours sur la tombe de ce regretté Collègue. Ces discours seront insérés au *Bulletin*.

M. Michel Aivas, membre de la Société depuis 1864, était membre fondateur du Canal de Suez; a été Assesseur au Tribunal de France et député de la nation française à Suez; administrateur du Bureau de Bienfaisance, conseiller municipal et délégué cantonal du département de la Seine; a été Ingénieur en chef de la voirie de la ville du Caire; était chevalier des ordres des Saints-Maurice et Lazare et de l'ordre impérial du Medjidié.

M. Guigon-Bey a adressé à M. le Président de la Société la lettre suivante, relative à notre Collègue Hippolyte-Ernest Langlois, dont le décès a été annoncé à la dernière séance.

« Monsieur le Président,

» J'ai le regret de vous informer du décès, le 22 avril dernier, de notre Collègue Hippolyte-Ernest Langlois, fondateur et directeur, pendant trente-deux années, de l'École des Arts et Métiers de Fermo, près d'Ancône (Italie).

» Né à Paris en 1831, M. H. Langlois avait été élève à l'École nationale d'Arts et Métiers d'Angers, de 1847 à 1850.

» Il était attaché au Conservatoire national d'Arts et Métiers, à Paris, lorsqu'il fut désigné, en 1863, par le Général Morin, pour organiser à Fermo une école industrielle sur le type de nos écoles françaises d'Arts et Métiers.

» Notre Collègue s'était acquitté de cette importante mission avec le plus grand succès. Les honneurs qui ont été rendus à sa dépouille, à Fermo, en sont un éclatant témoignage et prouvent les sentiments de reconnaissance de ses nombreux anciens élèves et de toute la population.

» Je crois devoir ajouter que j'ai été chargé par le comité de la Société des Arts et Métiers de rédiger une notice nécrologique qui paraîtra dans son bulletin administratif de juin courant.

» Recevez, etc. » Guigon. »

M. le Président donne la parole à M. J. Fleury qui désire entretenir la Société de notre Collègue Léon-Philippe Joubert, décédé, il y a peu de jours, à l'âge de cinquante-trois ans.

M. J. Fleury s'exprime ainsi :

Je remercie M. le Président d'avoir bien voulu me laisser le douloureux avantage de vous faire part de la perte de celui qui, depuis bientôt trente ans, était mon ami, et qui appartenait à notre Société depuis 1880.

Joubert était né à Nantes en 1842. Des revers de fortune ne permirent pas à sa famille de lui donner l'instruction qui a préparé la plupart d'entre nous à la carrière d'Ingénieur civil. Sorti jeune d'une modeste école industrielle, Joubert travailla dans plusieurs ateliers de construction et de chaudronnerie. Il y acquit, avec l'habileté manuelle, la pratique du dessin, et par une étude patiente et obstinée, à laquelle il employait tous les moments que d'autres consacrent très légitimement au repos, il remplit les lacunes de son instruction première.

J'ai fait sa connaissance en 1867. Il venait, comme moi, d'arriver sur les chantiers du canal de Suez; il occupa d'abord, dans les bureaux de l'entreprise Borel-Lavalley, un modeste emploi de dessinateur. Lavalley avait cette qualité, fréquente chez les esprits supérieurs, de deviner les hommes. Il distingua rapidement Joubert, le fit travailler avec lui, à côté de lui, l'associa à tout cet immense labeur de la création du matériel et de la transformation, à deux reprises, des parties les plus importantes des dragues et des porteurs de déblai. Grâce à l'action puissante et dominatrice de ce grand pétrisseur d'intelligences que fut Alexandre Lavalley, les hautes qualités de Joubert se manifestèrent en s'exaltant : la

ténacité dans la recherche, la précision dans les résultats, une infatigable ardeur au travail, tels furent, au point de vue technique, les traits caractéristiques de la valeur de Joubert. Il avait vingt-six ans quand la confiance de notre chef le plaça à la tête des ateliers de Port-Saïd où s'exécutaient le montage, les réparations, l'entretien de tout l'immense matériel qu'il fallait créer en si peu de temps, et qui a permis l'achèvement de la grande œuvre du canal de Suez. Dans cette situation importante, Joubert montra tout de suite une compétence et une autorité qui, chez un homme de cet âge, la veille encore simple dessinateur, sorti des rangs ouvriers, étonnèrent d'abord, mais commandèrent bientôt le respect à tous.

Après l'inauguration du canal, Joubert suivit Lavalley. Il participa à ses études, à ses travaux. Il prit ainsi une part importante aux belles études du tunnel sous la Manche. Quand, de concert avec cet autre grand ingénieur, Houel, — lui aussi, comme ceux dont je parle, disparu trop tôt, — et avec le concours de ceux qui ont tant contribué à la gloire et à la prospérité de Fives-Lille, Lavalley entreprit l'étude de la première grande drague à succion qui ait fonctionné dans les eaux françaises, Joubert était à ses côtés et ce fut lui qui dirigea dans les passes de Dunkerque les premiers travaux du nouvel engin. Nous nous sommes retrouvés quand il s'est agi du port de la Pointe des Galets à la Réunion. Dans la savane déserte où s'est fait le port, nous avons passé cinq années vivant ensemble de la même vie laborieuse dans l'exécution de cet important travail, que l'éloignement, la fureur des éléments, le manque de beaucoup de ressources, le peu de valeur de la main-d'œuvre de nos ouvriers cafres, malgaches, somalis, indiens, ont rendu spécialement difficile, Joubert a quotidiennement montré les hautes qualités de son intelligence et de son caractère. Vous avez bien voulu, Messieurs, accorder en 1885 votre prix annuel à ceux qui avaient exécuté le port de la Pointe des Galets. Joubert a été profondément touché, comme aussi son collaborateur, de cette haute récompense et il aimait à la rappeler.

Sa santé prématurément altérée exigeait déjà plus de ménagements. Cependant, il ne crut pas avoir encore droit au repos. Entré au service de la Société des Batignolles, il y fut aussitôt chargé de missions importantes : il a collaboré, dans une large mesure au port de Tunis et, il y a peu de temps, il accomplissait dans la péninsule des Balkans un voyage d'études et d'affaires, ce devait être le dernier. Ni les soins ni le dévoûment dont il fut entouré ne purent le sauver.

Vous me permettrez, Messieurs, d'associer les regrets de notre Société à ceux des parents et des amis de notre Collègue. Il fut, dans notre profession, un exemple de ce que peut une volonté forte, animée par le respect du devoir et le désir de bien faire. J'ajouterai qu'il fut — et ceux qui lui tiennent de près le savent mieux que moi, — il fut, sous une apparente rudesse, une âme sensible et affectueuse, un cœur dévoué et généreux.

M. le Président a le plaisir d'annoncer que :

M. R. Valensi a été nommé chevalier du Mérite Agricole ;

M. F.-A. Brard a été nommé officier de l'ordre impérial de l'Annam;

M. Pinchard-Deny a obtenu la croix du Mérite Agricole ;

Lui-même a été nommé membre de la Commission supérieure de l'Exposition de 1900.

M. E. Trélat a été nommé membre du jury du concours pour l'installation de la Cour des comptes.

M. P. Grand, ingénieur, directeur général des villes et bâtiments au ministère des Travaux publics au Caire, a été élevé à la dignité de Pacha.

La Société a reçu un certain nombre d'ouvrages parmi lesquels M. LE PRÉSIDENT signale :

De MM. E. Bernard, éditeurs : *Notes et formules de l'Ingénieur, du Constructeur-Mécanicien, du Métallurgiste et de l'Électricien*, par MM. Barré, Vigreux, Bouquet et Campredon.

De M. F. Valton, le *Manuel de la Métallurgie*, par M. A. Ledebur.

M. LE PRÉSIDENT annonce officiellement que l'hôtel de la Société a été vendu.

Cet hôtel a été construit en 1872, et à cette époque, il répondait à tous les besoins.

Chacun sait avec quelle rapidité la Société s'est étendue; déjà en 1882, les Présidents qui se sont succédé ont eu pour mission de rechercher s'il y avait lieu de transformer l'hôtel ou de le vendre.

M. le Président a hérité de cette mission et il a eu le plaisir de trouver une Société à laquelle cet hôtel convenait de tous points.

L'offre d'acquisition a été soumise au Comité et à l'unanimité la vente a été décidée ; actuellement elle est considérée comme définitive entre les parties. Il n'y a plus qu'à attendre l'approbation de l'autorité supérieure.

M. le Président ajoute qu'il entretiendra la Société de ce qui concerne l'acquisition ou la construction d'un autre hôtel, dès que le projet définitif aura été établi.

M. le Sénateur G. LESUEUR croit que la Société sera reconnaissante aux Membres du Bureau d'avoir amené une solution avantageuse, et qui dénoue une situation qui ne pouvait durer plus longtemps. Il propose donc d'approuver la mesure prise et d'adresser des remerciements aux membres du Bureau et du Comité *(Applaudissements unanimes.)*

Cette proposition est votée à l'unanimité.

M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. le sénateur Lesueur au nom du Bureau et du Comité.

M. LE PRÉSIDENT fait part du dépôt par M. P. E. Chouanard d'un pli cacheté relatif à un procédé pour la fabrication du carton.

Ce pli est accepté.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. P. P. Guéroult pour sa communication sur l'*Outillage des navires et des ports, et, en particulier, le transporteur Temperley*.

M. Paul-Pierre Guéroult, avant de parler du Transporteur Temperley, croit devoir dire par suite de quelles circonstances il a été appelé à s'occuper de cet appareil. Chargé par la Société des quais de Constantinople de faire un rapport sur l'outillage en usage dans les principaux ports de l'Europe, il a successivement visité, en 1893, Trieste, Gênes, Fiume, puis suivi l'excursion du Congrès maritime international à Londres, Newport, Liverpool, Belfast, Glasgow, continué par le nouveau port de Copenhague, Hambourg, Brême, Amsterdam, Rotterdam, Anvers, et enfin terminé par une visite dans les principaux ports de France.

Une description détaillée des appareils de types si variés, employés dans ces différents ports serait inutile en raison des communications antérieures déjà faites à la Société, des notices parues dans diverses publications techniques.

Mais comme il s'agit de comparer les moyens employés pour assurer *avant tout* la rapidité des opérations de chargement et de déchargement, c'est-à-dire la prise des marchandises en cale et leur transport direct sur terre-plein ou sur wagon ou dans des magasins, il est nécessaire de rappeler les conditions d'exploitation des grues actuelles du type le plus courant.

En classant les grues de port suivant leur puissance, et en laissant de côté le moteur qui les actionne, on trouve, en moyenne, que les 4/5 de ces appareils ont une puissance de 1 250 à 1 650 *k*, avec une portée variant de 7,50 *m* à 9 *m*.

Le poids des marchandises transportées ne dépasse pas 30 *t* à l'heure, et la charge moyenne par opération est de 750 *kg*. Pour des masses indivisibles d'un poids supérieur à 3 *t* (limite générale de la charge que les treuils de navires peuvent soulever), on est obligé d'avoir recours à des grues spéciales. On fait généralement usage aujourd'hui de grues sur ponton, à portée variable, avec mouvement de rotation autour d'un axe vertical, flèche en col de cygne, de façon à pouvoir desservir des steamers dont les ponts atteignent 6 à 7 *m* au-dessus de l'eau et ont une largeur de 12 à 16 *m*.

On a renoncé complètement à l'emploi des grues fixes pour le type courant.

On a quelquefois donné des évaluations tout à fait empiriques sur le poids des marchandises pouvant être chargées ou déchargées par mètre courant de quai et par an. Ainsi, on a prétendu que, suivant l'outillage installé, ce poids pouvait varier entre 300 et 800 *t*, le premier nombre se rapportant aux quais non outillés.

Cette donnée est absolument inexacte.

En raison de la puissance des treuils de bord, ce poids dépend moins du nombre et du perfectionnement des appareils employés à terre que de la largeur des terre-pleins et de leurs voies d'accès. L'emploi de chalands dont les ponts forment le prolongement des terre-pleins, et qui, placés de chaque côté des steamers, constituent de véritables môles flottants, permet d'augmenter le tonnage indiqué comme le maximum, même dans des bassins où les navires *accostent en pointe* et où l'emploi des grues de port est impossible.

Le bassin de la Joliette peut être cité comme un de ceux où le mou-

vement est le plus actif. Ainsi les navires de la Compagnie transatlantique, occupant 150 *m* de quai, peuvent charger et décharger 300 000 *t* de marchandises, soit 2 000 *t* par mètre courant et par an.

Il résulte de l'accostage en pointe des accroissements de frais en raison des transbordements sur chalands, puis des arrimages supplémentaires qui en résultent. Mais ces accroissements, qu'on peut évaluer à 0,35 ou 0,45 par tonne, dépendent du prix de la main-d'œuvre, et seraient singulièrement atténués si les taxes d'accostage étaient proportionnelles à la longueur des quais occupée par les steamers et non à leur tonnage brut ou au poids des marchandises chargées ou déchargées. Cette proportion de la taxe à la longueur occupée serait plus équitable.

Mais, en laissant de côté l'économie réalisée par l'emploi d'un outillage permettant de prendre les marchandises dans la cale et de les mettre directement sur terre-pleins ou sur wagons, il est incontestable que, sous le rapport de la rapidité des opérations, les treuils à vapeur de bord, tels qu'on les construit actuellement, sont d'une puissance très notablement supérieure (il s'agit ici de la puissance moyenne) à celle des grues de port du type courant.

Ce qui leur manque, c'est la portée qui ne dépasse pas sensiblement la demi-largeur du pont.

On peut faire usage de plans inclinés pour augmenter cette portée, mais cette solution a l'inconvénient d'accroitre la durée des opérations par suite de l'allongement du parcours, de nécessiter des arrimages supplémentaires, la circulation sur les terre-pleins est obstruée.

Il y avait donc un très grand intérêt à améliorer l'outillage des navires en vue de leur permettre d'effectuer eux-mêmes leurs opérations dans les mêmes conditions que les grues de port qui n'existent point partout, dont l'installation est fort coûteuse et justifie les taxes, tandis que l'usage des treuils du bord est toujours gratuit pour le destinataire ainsi que le stipulent les chartes-parties.

Le problème n'était certes pas facile à résoudre, surtout en raison de la condition qui s'imposait d'utiliser les éléments y constituant les appareils de levage installés au droit des écoutilles des steamers et se composant, indépendamment du treuil, des mâts de charge.

La solution proposée par M. Temperley consiste dans l'emploi d'un appareil dont deux modèles à l'échelle de $\frac{1}{12}$ sont exposés dans la salle et fonctionnent à la main. Des plans indiquent, en outre, l'application du système Temperley, aux magasins, hangars, à la mise en tas des charbons ou autres matériaux.

Le transporteur Temperley se compose :

1° D'une poutre en fer ou en acier d'une section transversale en double T. A son extrémité est fixée une poulie à gorge sur laquelle passe le câble du treuil.

Sous la semelle des ailes inférieures de la poutre, sont fixés des ressauts en fonte avec évidements correspondant aux distances variables auxquelles les charges peuvent être prises ou descendues.

La poutre est suspendue par trois tirants ou chaines d'inégale longueur, se réunissant à un anneau accroché au sommet du mât de charge. On peut lui donner une longeur de 18 *m*. Elle est maintenue dans une

position inclinée par des amarres et palans, de façon que la poulie de tête soit toujours plus élevée que l'autre extrémité. Enfin, elle peut être braquée dans des directions variables par rapport à l'axe longitudinal du navire.

2° Le second élément, formant la partie absolument originale et caractéristique du transporteur Temperley, consiste dans un chariot mobile que l'inventeur désigne sous le nom de voyageur (Traveller).

Ce chariot peut se déplacer tout le long de la poutre et dans les deux sens sous l'influence alternée de la traction du câble du treuil et de la pesanteur. Le câble auquel est suspendue la charge passe sur une poulie à gorge montée sur le chariot mobile, puis sur la poulie de tête de la poutre et, après avoir longé le mât de charge, vient s'enrouler sur le tambour du treuil.

L'enroulement et le déroulement successifs du câble provoquent le déplacement du chariot suivant deux directions opposées. Outre la poulie à gorge, le chariot mobile porte un crochet tournant autour du même axe qu'elle. Ce crochet forme lui-même un des éléments du mécanisme dont le fonctionnement résulte soit du déplacement du chariot, soit de l'ascension même de la charge suspendue au câble. L'extrémité se termine par une balle dont les dimensions excèdent l'espace existant entre les deux tôles formant le crochet de celui-ci. Cette balle en montant en même temps que la charge vient buter contre un cliquet assurant la position du crochet et celui-ci, devenant libre, peut tourner autour de son axe.

Ce mouvement ascensionnel détermine l'ouverture d'un verrou placé sur le chariot mobile et qui le fixe sur la poutre à chaque évidement des ressauts fixés sur les ailes inférieures.

En résumé, le mécanisme du chariot mobile a pour effet :

1° De le fixer sur la poutre pendant l'ascension ou la descente de la charge ;

2° D'ouvrir le verrou assurant cette fixation sitôt que la charge est parvenue à la hauteur nécessaire pour franchir les obstacles qu'elle peut rencontrer ;

3° De maintenir la balle qui termine le câble suspendue au crochet, tant qu'elle n'a pas atteint l'aplomb de son point de destination ;

4° Enfin d'immobiliser de nouveau le chariot sur la poutre et, en même temps, d'ouvrir le crochet de façon que la charge ou la balle qui termine le câble puisse descendre.

M. P.-P. Guéroult prie M. Temperley de vouloir bien répéter toutes les opérations ci-dessus décrites sur le modèle de transporteur mobile accroché au mât de charge.

Il fait remarquer que la marchandise peut, successivement et à la volonté de l'homme manœuvrant le treuil, monter ou descendre à des distances variables de l'écoutille et sans que la direction ni l'inclinaison de la poutre mobile soient changées.

De là, résultent une grande diminution dans le trajet parcouru, une grande précision dans la direction donnée à la charge.

Ces résultats, après avoir été constatés dans des essais préliminaires, ont amené l'emploi du transporteur Temperley sur des cargo-boats, puis

sur les navires de guerre, en vue des approvisionnements en combustible. On a pu, par mer calme, approvisionner des cuirassés par des charbonniers, les deux navires marchant à la vitesse de dix nœuds.

Des projections de photographies instantanées montrent les applications mentionnées ci-dessus. Les navires reproduits sont des cargos de 6 000 *t* de déplacement. Ces steamers, atteignant des largeurs de 15 *m*, on voit qu'avec un transporteur Temperley on peut porter la marchandise à plus de 10 *m* en dehors des flancs, la décharger sur deux lignes de wagons ou de chalands. Les terre-pleins restent absolument libres.

On projette aussi une photographie représentant le cuirassé *Royal-Sovereign*, de la marine anglaise, ravitaillé par un charbonnier.

M. P.-P. Guéroult passe en revue diverses applications du transporteur Temperley :

1° *Pour la prise en cale des marchandises et leur mise directe en magasins.* — Dans ce cas, on peut disposer la poutre horizontalement. Les marchandises sont arrimées en profondeur et en longueur sur les planchers des magasins ou hangars par des séries de poutres disposées perpendiculairement les unes aux autres ;

2° *Pour la mise en tas des charbons ou autres matériaux.* — Des passerelles métalliques, supportées par des pylônes mobiles roulant sur rails tout le long des quais, sont munies de une ou plusieurs voies (généralement deux) sur lesquelles circulent des chariots mobiles Temperley. Le charbon peut être déposé sur la couche précédemment formée, en évitant ainsi une chute provoquant la formation de menus.

Toutes ces applications seront décrites plus complètement dans le bulletin mensuel reproduisant des réductions de différentes applications.

M. P.-P. Guéroult, termine en remerciant ses collègues de l'attention qu'ils ont bien voulu lui prêter, et croit le moment venu d'informer la Société, que M. Temperley demande à être admis comme membre sociétaire.

M. Temperley, armateur, a étudié les transporteurs pour son usage personnel. Sans être sorti d'aucune école il a pu, grâce à de fortes études mathématiques et à son imagination, trouver une très originale et ingénieuse solution d'un problème très intéressant. Il est, de plus, membre de la Société des Naval Architects. M. P.-P. Guéroult a pu, grâce à son obligeance, offrir à la Société des Ingénieurs civils, la primeur d'une invention qui n'a été l'objet d'aucune communication ni publication dans les revues techniques ou sociétés savantes de l'étranger. Il lui adresse ses remerciements et espère que la Société trouvera que les titres de M. Temperley sont plus que suffisants pour qu'il soit admis.

Cette communication sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

M. le Président remercie M. P.-P. Guéroult de sa très intéressante communication ainsi que M. Temperley, présent à la séance, qui a bien voulu réserver à la Société la primeur d'un appareil absolument nouveau appelé à rendre de grands services au point de vue des transbordements.

M. le Président donne la parole à M. A. Gibon qui veut bien entretenir la Société des *Caisses de retraite organisées par les Compagnies Houillères en faveur des ouvriers mineurs.*

Cette communication sera insérée *in extenso* au *Bulletin*.

M. le Président remercie M. A. Gibon, qui, dans sa communication, a parlé des hommes distingués et dévoués qui se sont occupés d'une façon toute spéciale de ces intéressantes questions; M. Gibon est un de ceux-là et nous devons le féliciter de son zèle et de son dévouement à l'étude des questions d'assistance sociale.

Il est donné lecture en première présentation des demandes de MM. L.-P. Charpentier, J.-H. Petit et F.-Ch. Taupiat, comme membres sociétaires;

et M. J. Lamaizière, comme membre associé.

MM. Ch.-N. Dillon, E.-L. Duchesne, J.-L.-A. Duris, L. Mercier et A.-T. Taveau, sont reçus membres sociétaires.

La séance est levée à 10 heures et demie.

PROCÈS-VERBAL

DE

L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ORDINAIRE SEMESTRIELLE DU 21 JUIN 1895 (1).

Présidence de M. L. Appert, Président.

La séance est ouverte à 8 heures et demie.

M. le Président rappelle que la Société est réunie en Assemblée générale semestrielle pour entendre le compte rendu de la situation financière de la Société, conformément à l'article 16 des Statuts, et donne la parole à M. H. Couriot, Trésorier, pour la lecture de son rapport.

SITUATION FINANCIÈRE AU 1er JUIN 1895

Nombre des Sociétaires.

Le nombre des Sociétaires était au 1er décembre 1894, de. . .	2 556
Du 1er décembre 1894 au 1er juin 1895, les admissions ont été de	75
formant un total de	2 631
dont il faut déduire par suite de décès, démissions et radiations.	50
Le total des membres de la Société au 1er juin 1895 est ainsi de.	2 581

Situation de la caisse au 1er juin 1895.

Le tableau des recettes et dépenses, annexé au compte rendu financier, peut se résumer de la manière suivante :

Le solde en caisse, au 1er décembre 1894, était de. .	Fr.	34 546,04
A reporter.	Fr.	34 546,04

(1) Voir le compte rendu de la séance bimensuelle ordinaire, page 188.

Report . . Fr. 34 546,04

Les recettes effectuées du 1er décembre 1894 au 1er juin 1895 se répartissent ainsi :

RECETTES

1° Pour le fonds courant :

Cotisations . . . . . Fr.	43 794 »		
Droits d'admission	1 825 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille.	3 195,90		
Vente de Bulletins et Mémoires; Catalogue, Abonnements et Annonces.	8 383,65		
Location des salles de séance. . .	4 840 »		
		62 038,55	

2° Pour le fonds inaliénable :

Exonérations : MM. A. Lebon et A. Biver . . . . . Fr.	1 200 »		
		1 200 »	
Le total des encaissements s'élève ainsi à Fr.			63 238,55
et le montant des recettes effectuées au 31 mai, grossi de l'encaisse au 1er décembre 1894, monte à. . . . Fr.			97 784,59

DÉPENSES

Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis et édition du Catalogue de la Bibliothèque . . . . . Fr.	22 195,90	
Affranchissements et divers. . .	4 754,63	
Appointements, travaux supplémentaires et chronique. . . .	10 664,25	
Frais de bureau, de sténographie et de séances.	1 292,25	
Prêts et secours	671 35	
Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet.	1 323 »	
Contributions, entretien de l'immeuble, assurances, frais de la cité, chauffage, éclairage, téléphone, etc.	5 299,91	
Classement et transformation de la bibliothèque, achats de livres, reliure, etc.	4 362,35	
Pension de Mme Ve Husquin de Rhéville.	1 500 »	
A reporter. . . . Fr.	52 263,64	97 784,59

Reports . . Fr.	52 263,64	97 784,59
Pension de Mme Ve Loustau . . .	750 »	
Frais exceptionnels, gratifications, souscriptions, etc.	3 902,20	
Frais de recouvrement des cotisations	605,36	
Exposition de la Société à Bordeaux	356,45	
Legs Meyer	336,65	
Total des sommes employées au 31 mai 1895		58 214,30
Le solde en caisse, à la date du 31 mai 1895, est donc de . . . . . Fr.		39 570,29

Nous joignons à ce Rapport le Bilan de la Société dressé dans la forme habituelle ; il est arrêté à la date du 31 mai et se résume comme suit :

A l'actif sont portés :

L'Hôtel de la Société, pour . . . . . Fr.	279 602,20
Notre portefeuille représenté par 426 obligations du Midi, deux titres de 235 *f* de rente 3 0/0 et 15 obligations de la Compagnie Madrilène du gaz figurant ensemble pour le prix de	178 022,06
Les espèces en caisse	39 570,29
La bibliothèque	8 404,65
Nos débiteurs (cotisations arriérées au 31 mai 1895, après réduction de 50 0/0 environ) et divers	10 752,65
TOTAL . . . . . Fr.	516 351,85

Au passif figurent :

Nos créanciers (pour impressions, planches, reliure, travaux en cours, etc.). . . . . Fr.	3 176,06
Les prix divers (échus ou en cours) s'élevant à.	6 461,40
Le compte « Fonds de secours » (mémoire).	»
Le capital social s'élevant à	506 714,39
CHIFFRE ÉGAL . . . . . Fr.	516 351,85

L'Avoir de la Société, à ce jour, s'élève ainsi à. . . Fr.	506 714,39
alors qu'il était le 1er décembre 1894, de	502 158,24
il a, par suite, augmenté, durant le semestre, de. . Fr.	4 556,15

COMPTE DES RECETTES ET DÉPENSES

1895

RECETTES

En caisse au 1er décembre 1894			Fr. 34 546,04
Pour le fonds courant :			
Cotisations	Fr. 43 794 »		
Droits d'admission	1 825 »		
Intérêts des valeurs de portefeuille	3 195,90		
Ventes de bulletins et mémoires; abonnements, annonces et catalogues	8 383,65		
Location des salles de séances	4 840 »		
		62 038,55	
2e Pour le fonds inaliénable :			
Exonérations	Fr. 1 200 »		
		1 200 »	
			63 238,55
		Fr.	97 784,59

DÉPENSES

Par le fonds courant :

Impressions, planches et croquis	Fr.	22 195,90
Affranchissements divers		4 754,63
Appointements, travaux supplémentaires, chronique		10 664,25
Frais de bureau, de sténographie et de séances		1 292,25
Prêts et secours		671,35
Prix Annuel, Michel Alcan et François Coignet		1 323 »
Contributions, entretien de l'immeuble, frais de la cité, éclairage, chauffage, assurances, téléphone, etc.		5 299,91
Classement de la bibliothèque, livres, reliure, etc.		4 562,35
Pension de Mme veuve Husquin de Rhéville		1 500 »
Pension de Mme veuve Loustau		750 »
Frais exceptionnels, souscriptions, participation aux Congrès, etc.		3 902,20
Frais de recouvrement des cotisations		605,36
Exposition de la Société à Bordeaux		356,45
Legs Meyer		336,65
		58 214,30
Solde en caisse au 31 mai 1895		39 570,29
	Fr.	97 784,59

BILAN AU 31 MAI 1895

ACTIF

Immeuble		
a. Terrains et frais . . . . . Fr.	86 223,90	
b. Constructions et frais	150 814,65	
c. Mobilier et frais d'installation	42 563,65	
		279 602,20
Fonds inaliénable :		
a. Fonds social, 134 obligations du Midi	56 912,72	
b. Legs Nozo 19 » »	6 000 »	
c. Legs Giffard 131 » »	50 372,05	
d. Fondation Michel Alcan 1 titre de rente 3 0/0	3 730 »	
e. Fondation Coignet » »	4 285 »	
f. Fondation Couvreux 11 obligations du Midi .	4 857,75	
g. Don anonyme	6 750 »	
		132 907,52
Fonds courant :		
131 obligations du Midi		45 114,54
Caisse :		
Solde disponible		39 570,29
Bibliothèque :		
Reliures, corps de Bibliothèque		8 404,65
Divers :		
a. Débiteurs divers	4 336,65	
b. Cotisations 1894 et années antérieures (après réduction de 50 0/0).	4 860 »	
c. Cotisations 1895 (après réduction d'évaluation de 50 0/0).	1 556 »	
		10 752,65
	Fr.	516 351,85

PASSIF

Créditeurs divers :		
Impressions, planches et croquis, divers travaux en cours, évalués à . . . . . Fr.		3 176,06
Prix divers 1895 et suivants :		
a. Prix annuel	(mémoire)	
b. Prix Nozo	410,40	
c. Prix Giffard 1896.	5 544 »	
d. Prix Michel Alcan.	36 »	
e. Prix Coignet	75 »	
f. Prix Couvreux	396 »	
		6 461,40
Fonds de secours		(mémoire)
AVOIR SOCIAL :		
1° Valeurs à consolider :		
Somme à porter au Fonds inaliénable, après remploi	9 069,21	
2° Avoir de la Société :		506 714,39
a. Fonds spécial en vue de la reconstruction de l'Hôtel 11 618,45		
b. Complément de l'Avoir social. 486 026,73	497 645,18	
	Fr.	516 351,85

L'accroissement de notre avoir au cours du semestre écoulé a été assez limité par suite de circonstances particulières ; nous trouvons une augmentation de 3 432,05 *f* dans nos frais d'impression résultant de l'édition du catalogue de notre bibliothèque. Une autre augmentation de dépenses de 3 169,35 *f* porte sur les frais de transformation de notre bibliothèque ; elle résulte de l'affectation exclusive à l'étude de la grande salle des séances du rez-de-chaussée de l'hôtel ; enfin un dernier accroissement de dépenses est afférent à notre participation à la réception de l'Institution des Naval Architects de Londres, et aux frais qu'a entraînés l'Exposition faite par la Société à Bordeaux.

C'est à ces diverses circonstances que nous devons de n'avoir pas une augmentation de notre avoir en rapport avec la moyenne de nos semestres et exercices antérieurs ; mais ce sont là des charges accidentelles et la situation de la Société, dégagée de ces dépenses exceptionnelles, continue à être prospère.

Il faut cependant prévoir une réduction notable de l'actif social en fin d'exercice, réduction due à la vente qui vient d'être faite de notre hôtel, à la Société des Gens de Lettres. Notre hôtel, chacun le sait, n'était plus en rapport avec le développement qu'avait pris la Société dans ces dernières années ; le nombre croissant de ses membres, l'importance de sa bibliothèque, rendaient indispensable le transfert de la Société dans une autre enceinte, plus en rapport avec ses besoins, avec le nombre de ses sociétaires et avec la place qu'elle occupe dans le mouvement scientifique et industriel ; une concession a dû être faite par votre Comité sur le prix de revient de l'hôtel porté au bilan pour arriver à réaliser cet immeuble, et, par suite, lorsque la vente en sera approuvée par les pouvoirs publics, nous devrons faire supporter un amortissement sérieux au prix qui figure à notre actif comme valeur de l'hôtel de la Société, atténué il est vrai partiellement pour la plus-value de nos valeurs de portefeuille.

Le Comité a désigné une commission composée de ses anciens Présidents et de ceux des membres de la Société qui lui offraient des garanties de compétence particulière pour étudier le projet de reconstruction de l'hôtel et rechercher pour ce dernier un emplacement convenable ; cette commission s'est aussitôt mise à l'œuvre et le Comité vous fera connaître en temps opportun le résultat de ses recherches et de ses travaux.

En ce qui concerne leur exécution, je suis convaincu que la Société des Ingénieurs Civils de France trouvera aisément à se procurer les ressources financières qui lui sont nécessaires pour édifier, en pleine lumière et en plein centre de Paris, une construction spacieuse, en rapport avec ses besoins, avec son avenir et avec le nombre toujours grandissant de ses membres.

M. le Président met aux voix l'approbation des comptes qui viennent d'être présentés.

Ces comptes sont approuvés à l'unanimité.

M. le Président demande à l'Assemblée de voter des remerciements à son Trésorier, M. H. Couriot, pour le soin et le très grand dévouement qu'il apporte à ses fonctions.

Ces remerciements sont votés par *acclamation*.

M. LE PRÉSIDENT rappelle que, dans l'Assemblée générale semestrielle, doivent être proclamés les Lauréats des Prix que la Société attribue chaque année aux meilleurs mémoires présentés. Ces prix sont au nombre de trois, cette année : *Prix Annuel, le Prix Michel Alcan et le Prix François Coignet.*

M. LE PRÉSIDENT s'exprime en ces termes :

Le Prix Annuel a été attribué à M. E. de Marchena pour son mémoire sur *La Traction mécanique des tramways.*

Membre de la Société depuis 1892, notre jeune Collègue s'est déjà fait remarquer par ses travaux. Je rappellerai entre autres son étude sur *Les Machines frigorifiques*, qui fut fort appréciée.

Assidu à nos séances, il a pris part à de nombreuses discussions sur les questions de traction mécanique des tramways; il y a acquis une véritable compétence dont témoigne, du reste, le travail que nous récompensons aujourd'hui. *(Applaudissements répétés.)*

Remise de la médaille d'or du Prix Annuel à M. E. de Marchena qui remercie. *(Nouveaux applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT continue ainsi :

Le Prix Michel Alcan a été décerné à M. R. Soreau pour son travail sur *La Direction des ballons.*

Ancien élève de l'École Polytechnique, M. Soreau, après avoir quitté l'armée, est devenu notre Collègue. Vous avez tous présent à l'esprit le mémoire si étudié qu'il nous a communiqué sur la direction des ballons. Ce mémoire traite la question d'une façon très complète, en la dégageant des conceptions quelquefois hasardeuses de certaines personnes qui s'occupent, peut-être avec une préparation un peu insuffisante, de cette recherche.

M. Soreau a serré cette étude de près et son mémoire est certainement destiné à servir de guide en cette matière.

Je ne puis que le féliciter en lui remettant la médaille du Prix Michel Alcan. *(Applaudissements.)*

Remise de la médaille d'or du Prix Michel Alcan à M. Soreau, qui remercie. *(Nouveaux applaudissements.)*

M. LE PRÉSIDENT. J'arrive au Prix François Coignet dont les lauréats sont, cette année, MM. G. Dumont et G. Baignères pour leur mémoire sur *L'Éclairage électrique des gares.*

Ces Messieurs vous sont trop connus pour que j'aie à faire ici l'éloge de leurs nombreux et importants travaux.

M. G. Dumont a acquis une notoriété justifiée comme Ingénieur Électricien, et son jugement, aussi net qu'impartial, le fait justement apprécier.

M. G. Dumont a trouvé en M. G. Baignères un collaborateur assidu et dévoué.

Au nom de la Société, je remets à ces Messieurs la médaille du Prix Coignet, et je leur adresse toutes nos félicitations. *(Applaudissements répétés.)*

M. G. Dumont, parlant tant en son nom qu'en celui de son collaborateur, remercie vivement M. le Président et les Membres du Bureau et du Comité de l'honneur qu'ils leur ont fait en leur décernant un prix qu'ils considèrent comme un encouragement à la présentation de nouveaux mémoires. *(Nouveaux applaudissements.)*

La séance de l'Assemblée générale est levée.

PROCÈS-VERBAL

DE LA

SÉANCE DU 21 JUIN 1895

PRÉSIDENCE DE M. L. APPERT, PRÉSIDENT

Le procès-verbal de la dernière séance est adopté.

M. LE PRÉSIDENT a le regret d'annoncer le décès de M. Louis Delépine, Secrétaire Archiviste de l'Association Amicale des Anciens Élèves de l'École Centrale.

M. P. REGNARD annonce la mort de notre Collègue Auguste Laborde, décédé le 20 juin, à l'âge de cinquante-neuf ans. Notre Collègue Laborde est sorti de l'École Centrale en 1858; il a été attaché aux travaux de M. Dubrunfaut pour ses recherches sur l'osmose; il fut ensuite Ingénieur de M. Tessié du Motay, dirigea comme gérant une importante sucrerie à Montdidier, et, en dernier lieu, s'occupait, comme agent général de la maison J. Lemoine, d'Hallines (Pas-de-Calais), d'appareils économiseurs de combustible et de récupérateurs à vapeur. M. Laborde était membre de notre Société depuis 1872.

M. LE PRÉSIDENT joint ses regrets à ceux exprimés par M. Regnard.

M. LE PRÉSIDENT a le plaisir d'annoncer que :

MM. A. Brûll, J. Fleury, L.-M. Langlois ont été choisis par le juge d'instruction d'Epinal comme experts (catastrophe de Bouzey).

M. M. Cossmann, vient d'être nommé chevalier de l'ordre de Léopold, de Belgique.

M. Henri Schneider vient d'être nommé membre d'honneur de l'Institution of Civil Engineers de Londres.

Cette nomination constitue une des plus hautes et des plus rares distinctions dont un industriel peut être l'objet, car si la Société des Ingénieurs Civils de Londres comprend en tout six mille membres anglais et étrangers, elle ne comporte que dix-sept membres d'honneur parmi lesquels figurent seulement, à côté des princes de la maison royale, les noms des savants et industriels anglais les plus illustres.

M. Henri Schneider est actuellement, après S. M. le roi des Belges, le

seul étranger figurant dans cette liste. Il était intéressant de faire connaître cette nomination qui, tout en honorant M. Henri Schneider, honore la France et la Société des Ingénieurs Civils de France.

Parmi les ouvrages reçus, M. le Président signale celui de M. Guillen Garcia, sur *les explosions des générateurs à vapeur*, que M. Ch. Compère connaît sans doute et sur lequel il voudra bien nous donner son appréciation. Nous avons également reçu une note de M. Léon Malo sur *l'alcool et l'ouvrier*.

M. LE PRÉSIDENT informe que la Société a reçu avis de divers congrès qui se tiendront cette année.

Congrès d'assainissement et de salubrité, à Paris.

Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences, à Bordeaux.

Congrès pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux, à Zurich.

Congrès des chemins de fer, qui commence le 26 juin à Londres et finit le 10 juillet et auquel assisteront un grand nombre de membres de la Société soit comme délégués, soit comme membres du Congrès. A cette occasion, M. le Président signale l'invitation que nous avons reçue de la Compagnie du frein à vide, qui a son siège en Angleterre. Cette Compagnie invite les membres du Congrès à visiter ses ateliers. Ceux de nos Collègues qui voudront bien répondre à cette invitation trouveront tous les renseignements nécessaires au Secrétariat.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. Pontzen, membre du Comité et Président de l'Association des anciens Elèves libres de l'Ecole des Ponts et Chaussées, une lettre annonçant que M. le Ministre des Travaux publics autorise les Ingénieurs sortant de cette Ecole avec le diplôme supérieur, à prendre le titre d'Ingénieurs des Constructions civiles.

M. le Président ne peut qu'applaudir à cette nomination qui n'empêchera pas les Ingénieurs des Constructions civiles de faire partie de notre Société.

M. LE PRÉSIDENT signale les efforts faits par un de nos Collègues, M. Honoré, Ingénieur et Directeur des Magasins du Louvre, au point de vue du développement de l'art et des travaux qui intéressent les Ingénieurs en France. Les Magasins du Louvre ont organisé une série de concours dont M. Honoré nous envoie tous les ans le résultat. Il est bon de signaler tout l'intérêt que prend notre Collègue aux questions qui se rattachent à l'art de l'Ingénieur et au commerce.

M. LE PRÉSIDENT rend compte de la réception faite aux Naval Architects venus à Paris la semaine dernière et il s'exprime ainsi :

Messieurs,

Dans la séance du 19 avril, M. J. Fleury nous a rendu compte du voyage qu'il a bien voulu faire à Londres, pour inviter l'Institution des Naval Architects à venir tenir à Paris son Congrès annuel.

Ce congrès a eu lieu la semaine dernière avec un certain éclat qu'il faut d'autant plus remarquer que c'est la première fois que cette Institution quitte l'Angleterre pour tenir à l'étranger sa réunion annuelle.

Un Comité de réception sous la présidence d'honneur de M. le Ministre de la Marine, vice-amiral Besnard, et sous la présidence effective de M. le vice-amiral Duperré, s'est formé et comprenait des représentants des grandes Institutions et Sociétés scientifiques et industrielles françaises.

Les séances de travail ont eu lieu à la Sorbonne dans les matinées des 11, 12 et 13 juin; les après-midi et les journées des 14 et 15 ont été consacrées à des visites industrielles et autres.

Le Comité a trouvé le concours le plus cordial de la part de MM. Raoul Pictet, Sautter et Harlé, des anciens établissements Cail, Delaunay-Belleville, et de M. M. Niclausse dont on a visité les intéressants ateliers. L'administration de la Ville et celle des Ponts et Chaussées pour la visite des égouts, sous la direction de M. Bechmann et des grandes écluses du canal de la Villette, sous la direction de M. Paul Dubois, tous deux Ingénieurs des Ponts et Chaussées et de la ville de Paris. Les Compagnies des chemins de fer du Nord et de l'Ouest se sont prêtées de la meilleure grâce à faciliter ces visites et excursions.

Les soirées ont été occupées d'abord par le banquet auquel l'Institution des Naval Architects avaient convié le Comité de Direction et de nombreuses notabilités, puis par des réceptions splendides offertes par M. le Ministre de la Marine, le Conseil Municipal, la Chambre de Commerce, sans oublier une charmante soirée musicale chez M. Bertin, Directeur de l'École d'Application du Génie maritime et Président de la sous-commission d'organisation.

Le samedi a été entièrement consacré à une excursion par bateaux à Saint-Germain avec déjeuner au pavillon Henri IV et visite du musée et du Château.

Le soir, nos hôtes nous ont définitivement quittés, emportant, du moins nous l'espérons, la meilleure impression de la réception faite et des efforts tentés pour lui donner un caractère aussi cordial et aussi intéressant que possible.

M. LE PRÉSIDENT a reçu de M. le Préfet de l'Yonne le texte du rapport de la Commission spéciale des chemins de fer d'intérêt local du département relatif à la construction des lignes de Joigny à Toucy et de Sens à Egreville.

Les demandes en concession s'appliquant à la construction partielle ou totale et à l'exploitation seront reçues jusqu'au 20 juillet inclusivement.

L'ordre du jour indiquait qu'une communication sur les *voitures automobiles* et sur le concours qui a eu lieu dernièrement de Paris à Bordeaux devait être faite par M. G. Collin; mais ce dernier n'étant pas en mesure de donner des renseignements suffisamment précis, cette intéressante communication sera reportée à une séance ultérieure.

M. LE PRÉSIDENT donne la parole à M. V. Dubreuil pour un exposé sur l'*étude comparative des transmissions de mouvement par câbles et par courroies, piliers d'attaque, arbres et paliers, et compte rendu des expériences entreprises en 1894 par la Société Industrielle du Nord de la France sur la*

puissance absorbée par l'un ou par l'autre de ces deux systèmes de transmission.

M. Dubreuil fait connaître que sa communication est relative à l'étude comparative des transmissions par câbles et par courroies, et aux meilleures conditions d'établissement de ces transmissions.

Cette étude s'appuie sur une expérience personnelle de vingt années, et sur les travaux d'autres ingénieurs. Elle comporte l'examen détaillé de 95 moteurs à vapeur développant ensemble 52 000 *ch*, et sur les données d'installation de 28 000 autres chevaux vapeur — au total, pour cette seule étude — sur 80 000 *ch*.

M. Dubreuil déclare qu'il doit être bien entendu que cette communication n'a pas pour objet de faire le procès du câble ou de la courroie. Elle a le but plus élevé de contribuer à l'œuvre commune de la Société, qui est de favoriser la marche perpétuelle en avant du progrès appuyé sur la vérité.

M. Dubreuil, avant de commencer l'historique du sujet, expose que, si dans ses investigations et dans ses travaux, il a pu commettre quelque oubli, ou quelque erreur, il est tout prêt à tenir compte des observations qui lui seront faites pour redresser, s'il y a lieu, les erreurs commises.

M. Dubreuil fait remonter en 1860 les premières installations par câbles, lesquelles se faisaient alors par cordages en cuir. — Ce serait la maison James Comb de Belfast, qui, la première, se serait servi de ce procédé de transmission. — Plus tard, en 1873, MM. Hick et Hargrave, Ingénieurs-constructeurs, sur les données de MM. Comb et Barbour, de Belfast, auraient établi la première transmission par câbles en chanvre.

Ce système, essayé à Lille en 1874 dans les établissements de fil de lin de MM. Wallaërt et Leblan, aurait été étudié là par M. Dubreuil qui, en 1875, lors de la création qu'il faisait à Roubaix du tissage de MM. Félix Vanoutryue et C^ie^, aurait créé de toutes pièces, et pour la première fois, croit-il, sur le continent, la première grande transmission par cordes, installée dans un couloir à câbles, en maçonnerie, placé à côté d'un autre couloir dans lequel il aurait, dès cette époque, monté une série de transmissions par courroies, à l'effet de comparer, en marche industrielle, les deux systèmes.

Le résultat fut que, au bout de trois années de comparaisons, toute l'usine, forte à ce moment de 300 *ch* (ultérieurement de 1 100), fut entièrement actionnée par cordes.

M. Dubreuil, après avoir exposé les nombreux problèmes résolus par les câbles, surtout dans les vieilles usines : — (Remplacement d'engrenages, transmissions obliques, etc.) — parle des inconvénients rencontrés par lui dans l'application des procédés, alors admis, pour l'établissement des paliers de transmission des arbres secondaires; et il déclare qu'après avoir pendant trois ans (de 1877 à 1880) observé la marche des transmissions fonctionnant bien, il remarqua dès 1877 que les meilleures conditions d'installation correspondaient à une constante 5,21 égale à la pression par centimètre carré sur le palier, multipliée par la vitesse linéaire circonférentielle de l'arbre — constante qu'il traduisit par cette formule $p\,v = 5{,}21$ (résultat en centimètres) — d'où, en déterminant les valeurs de p et de v en fonction de P le poids total, et N le

nombre de tours de l'arbre il arriva à cette formule, qu'il déclare *empirique* :

$$\text{L, largeur du palier} = \frac{P \times N}{1\,000} \text{ (réponse en millimètres).}$$

Appliquée pour la première fois en 1880 aux ateliers de Bitschwiller (Alsace) dans la construction que M. Dubreuil faisait alors à Malmerspach, d'une usine absorbant 400 *ch*, cette formule donna depuis des résultats parfaits, à la condition que lorsque l'application qui en était faite fournissait un résultat absurde, il intervint une saine application du résultat, soit par la division des charges, soit par tout autre moyen.

M. Dubreuil, après avoir dit que cette formule a fait l'objet d'une étude que M. Letombe, Ingénieur des Arts et Manufactures (secrétaire-adjoint de la Société industrielle du Nord de la France), a présentée à ladite Société, en 1891 (voir *Bulletin*, page 366), expose que l'absence de trépidations des bonnes installations par courroies et par câbles, par câbles surtout, lui a suggéré, dès 1884, l'idée de supprimer les massifs des transmissions que, d'habitude, on fait en maçonnerie.

Il démontre, à ce sujet, que la résultante des efforts actifs et passifs est, en somme, peu de chose, même dans la supposition des cas d'accidents les plus graves, et il informe la Société qu'il a, sur ces principes, étudié, installé ou collaboré à l'installation de plus de 80 000 chevaux-vapeur, sans qu'il ait jamais eu un seul accident.

Un des exemples les plus intéressants de cette suppression de massifs vient même de faire l'objet d'une visite « en corps » des membres de la Société industrielle du Nord aux établissements Amédée Prouvast (Société anonyme de peignage de laines) établissements que M. Dubreuil a érigés à Roubaix en 1890, et qui couvrent près de 6 hectares, et exigent actuellement 600 *ch*.

Après avoir parlé rapidement d'autres cas intéressants, M. Dubreuil aborde les conditions de bon établissement des câbles et des courroies, et parle de la forme des jantes et des gorges, du rapport des diamètres, de la vitesse linéaire, de la distance des axes, du travail par centimètre carré, de la nature des courroies et des câbles, etc., et expose brièvement que pour créer le tableau qui forme le résumé de ses études, il s'est adressé aux industriels et aux constructeurs, *avant* que la Société industrielle du Nord de la France ait fait les essais de force motrice, et *depuis* que ces essais ont été faits. Ce tableau, extrêmement long, n'a pu, à cause du temps, être examiné en détail, mais il sera inséré au bulletin.

Un des points les plus intéressants de ce tableau est celui relatif à la durée des câbles.

M. Dubreuil expose, à ce sujet, que la nature de l'industrie et le milieu jouent un rôle très important dans la conservation de l'objet, et c'est là, à son avis, pour un ingénieur, le premier de ses soins, d'examiner, quand il a à poser, la quantité de kilogrammes par centimètre carré que devra subir le câble ou la courroie, à quelle nature d'efforts il a à répondre, pour étudier son installation.

C'est ainsi qu'à la vitesse égale de 20 *m* par seconde, un même câble de 48 pourra faire 70 *ch* dans une carderie ou dans un peignage de laines,

et ne pourra pas dépasser 20 *ch* dans une retorderie de coton au mouillé composée de peu de machines.

A charge égale, un câble durera dix ans dans le premier cas et trois à cinq ans seulement dans l'autre.

Ces considérations exposées, M. Dubreuil arrive aux séances qui ont motivé, à la Société industrielle du Nord de la France, les essais qui ont été faits en 1894 sur la force comparative absorbée par les câbles et par les courroies.

Il fait ressortir que, pour mettre ces expériences à l'abri de toute critique, la Société a tenu à ce que les personnes étrangères soient appelées à la composition de la Commission, et il montre par la liste des membres de cette Commission, toute la confiance qu'on pouvait avoir en de pareils expérimentateurs.

Exécutées grâce aux dévoués concours que M. Dubreuil a eu l'heureuse chance de réunir, les expériences, qu'il a fallu un an pour organiser, ont eu lieu à l'aide d'un moteur de 200 *ch* muni de deux volants (câble et courroie), attaquant une dynamo marchant à cent soixante tours, dynamo également munie de deux grandes poulies allant avec les volants.

Deux mille lampes à incandescence, et un laboratoire de contrôle placé sous la direction de professeurs de facultés de l'État, ont permis d'obtenir une résistance d'une constance absolument mathématique, résistance que, du reste, toutes les dix minutes (quelques instants avant de relever des diagrammes avec le moteur à vapeur), M. Dubreuil faisait vérifier.

Ces essais, qui ont duré quatre jours, ont fait l'objet de nombreux calculs, et l'impression du rapport n'en a été faite que lorsque tous les membres de la Commission, sans exception, en ont eu signé les conclusions.

M. Dubreuil, à ce sujet, déclare que, ne pouvant pas sortir du champ limité et officiel des essais, il ne peut que dire le résultat suivant : c'est que, bien installé, chaque système absorbe la même force motrice.

Mais il reste, comme sujet de débat, en outre de la convenance personnelle, le prix de l'objet et les services divers que cet objet peut rendre. C'est là affaire des intéressés qui, en tout état de cause, doivent consulter les personnes les mieux à même de les renseigner.

M. Dubreuil, en terminant, remercie à nouveau la Société industrielle du Nord de la France de lui avoir donné, en sa qualité de Président du génie civil, tout l'appui moral qu'il pouvait attendre d'une aussi haute assemblée, et il est heureux de remercier la Société des Ingénieurs Civils de France d'avoir bien voulu entendre cette communication qu'il a cru devoir faire dans l'intérêt général, et qu'il a faite, en tous les cas, avec le plus grand désir d'être utile.

M. Bertrand de Fontviolant présente les observations suivantes :

Dans sa communication, M. Dubreuil a déterminé la résultante des efforts exercés, en marche normale, sur les paliers d'un arbre portant une poulie; à cet effet, il a composé la charge verticale due au poids propre de l'arbre et de la poulie, avec une force horizontale qu'il a

prise égale à l'effort tangentiel moteur, c'est-à-dire à la différence ($T - t$) des tensions respectives du brin conducteur et du brin conduit.

Or, ceci n'est pas exact : la force horizontale transmise aux paliers est égale à la somme ($T + t$) des deux tensions et non à leur différence, qu'il s'agisse d'une courroie ou d'un câble. Dans le cas d'une courroie, le rapport $\frac{T}{t}$ est, comme on le sait, égal à 2 environ et on a, par suite, $(T + t) = 3\,(T - t)$; de sorte que la force horizontale précitée est trois fois plus grande que ne l'indique M. Dubreuil.

En ce qui concerne la règle relative aux tourillons, à savoir que *leur longueur doit être d'autant plus grande que leur nombre de tours et la pression totale qu'ils supportent sont eux-mêmes plus grands*, M. Bertrand de Fontviolant fait remarquer que, contrairement à ce que pense M. Dubreuil, cette règle est connue depuis fort longtemps, et qu'en outre, elle n'est nullement *empirique*. Elle est, en effet, enseignée depuis environ 20 ans à l'École Centrale; et sa démonstration, entièrement *théorique*, fondée sur la considération de l'échauffement produit par le frottement des tourillons sur leurs coussinets, a été publiée dans plusieurs ouvrages, notamment dans le traité de *Résistance des matériaux* de notre savant et regretté président, M. V. Contamin (édition de 1878); les valeurs numériques des coefficients entrant dans la formule dont cette règle est la traduction résultent, bien entendu, d'expériences pratiques.

M. Dubreuil répond que ce qu'il a représenté au tableau n'est qu'une indication du procédé à suivre pour la détermination de la résultante des efforts relatifs à la traction des brins conducteurs et conduits, et qu'il est d'accord sur ce point avec M. Bertrand de Fontviolant; mais M. Dubreuil dit qu'il ne faut pas perdre de vue que, dans la détermination de la résultante, et par conséquent des profils des pièces appelées à y faire équilibre, l'effort normal n'est rien à côté de l'effort de rupture, puisque, en marche normale, un câble ne travaille pas à plus de 10 *kg* par centimètre carré et qu'il faut plus de 600 *kg* pour le rompre (300 *kg* au moins en considérant l'usure ou les faiblesses des rattaches).

Que, d'autre part, la tension des brins est susceptible, en faisant frein, d'arrêter le moteur, et que, dans ces conditions, la résultante normale est bien peu de chose à côté de la position de la résultante anormale sur laquelle il faut compter, bien qu'elle ne se présente presque jamais dans la pratique.

On trouvera dans le mémoire inséré au *Bulletin* des explications donnant satisfaction aux observations de M. Bertrand de Fontviolant.

A la seconde observation de M. Bertrand de Fontviolant, M. Dubreuil répond qu'il ne prétend pas avoir découvert en 1877, date de ses premières observations, les relations de la longueur des paliers avec le poids sur ces paliers et avec la vitesse de l'arbre, mais il croit avoir été le premier à trouver la constante 5,21 égale à $p \times v$. Il ajoute qu'il est heureux d'être d'accord avec M. Contamin, mais il maintient que la formule $L = \frac{P \times N}{1.000}$ qui se déduit de la première est empirique, et par conséquent dangereuse, c'est-à-dire qu'il faut savoir en user.

A l'appui de ce dire, M. Dubreuil cite le cas d'une charge de 5 000 *kg* avec un coussinet dont l'arbre tournait à 300 tours (M. Dubreuil a eu ce cas à résoudre). D'après la formule, il faudrait un palier de 1,500 *m* de largeur, ce qui ne se peut pas.

M. Bertrand de Fontviolant persiste à affirmer que la règle sus-énoncée, relative aux tourillons, est une règle *théorique;* c'est là, du reste, une pure question de fait que chacun peut élucider en se reportant au traité déjà cité de M. Contamin.

Quant à être dangereuse, cette règle ne l'est nullement, bien au contraire. Si, en effet (comme dans l'exemple cité par M. Dubreuil), pour certaines valeurs de la charge sur le palier et du nombre de tours, elle conduit à une longueur de tourillon pratiquement inadmissible, cela prouve simplement, en pareil cas, qu'il est impossible de faire supporter la charge donnée, par *un seul* tourillon tournant à la vitesse donnée, et qu'il faut, dès lors, modifier les dispositions projetées de manière à réduire soit la charge par palier, soit la vitesse. Ainsi donc, loin d'être dangereuse, la règle en question est pour l'Ingénieur un guide précieux, puisqu'elle l'avertit de ce qu'il doit faire; cette remarque est, d'ailleurs, générale : elle s'applique à toutes les formules de la Mécanique appliquée.

M. E. Badois demande si l'on a fait des expériences sur l'extensibilité des câbles et courroies qui ont été employés.

M. Dubreuil répond que cette étude était en dehors du programme des essais, et que les renseignements qu'il a pu recueillir à ce sujet ne peuvent être publiés afin de ne pas discréditer la courroie ou le câble gracieusement mis à sa disposition par telle ou telle maison.

M. Ch. Compère demande s'il a été relevé des diagrammes sur la machine marchant à vide.

M. Dubreuil dit qu'il a été fait de 200 à 300 diagrammes qui n'ont pas été publiés parce que la Commission des essais ne l'a pas jugé utile.

M. A. Brüll désirerait savoir quel est le rendement d'une transmission par câble et d'une transmission par courroie.

M. Dubreuil expose que dans les usines de filature le rendement des moteurs, pour donner une force déterminée aux outils, varie de 74 à 80 0/0, c'est-à-dire que pour 258 *ch* à fournir, il faut un moteur de 350. Que dans les tissages, ce rendement n'est plus que de 50 à 55 0/0 à cause du grand nombre de transmissions.

M. Dubreuil ajoute que les transmissions électriques ne peuvent encore lutter avec les transmissions mécaniques et à l'appui de son dire, l'orateur cite une installation dans l'Est de la France, où pour un rendement qui n'atteint pas 50 0/0; la transmission électrique coûte 325 000 *f* avec une dépense annuelle, intérêt et amortissement, charbon, etc., de 92 000 *f* ou 355 *f* par cheval, alors que par l'emploi de courroies ou de câbles on arrive à une dépense de 180 000 *f* correspondant à 56 000 *f* de dépense annuelle ou 215 *f* par cheval.

M. G. Dumont rappelle que dans le mémoire qu'il a présenté avec M. G. Baignères, sur les transmissions électriques, il a établi que dans bien des

cas, ces dernières étaient plus avantageuses, bien qu'il soit d'accord avec M. Dubreuil en ce qui concerne les frais de première installation. Ces frais sont souvent plus élevées pour les transmissions électriques que pour les transmissions mécaniques; mais si l'on considère, d'une part, combien sont faibles les rendements de ces dernières, ainsi que le prouvent les chiffres cités dans la communication précitée et qui sont corroborés par les tableaux si intéressants fournis par M. Compère, si on remarque d'autre part, que dans une transmission mécanique les arbres tournent continuellement et absorbent par suite du travail (M. Dubreuil a cité des pertes de 8 0/0 dues aux seules poulies folles), il en résulte évidemment qu'on a le plus grand intérêt à proportionner l'énergie dépensée au travail réellement effectué par les outils. Or, les moteurs électriques se prêtent admirablement bien à la réalisation de ce programme, soit qu'on les emploie pour actionner un groupe d'outils destinés à travailler pendant les mêmes périodes de temps, soit qu'on les utilise au contraire, pour conduire individuellement chaque outil si le travail est suffisamment intermittent pour justifier l'arrêt du moteur. En dehors de tous les autres avantages qu'on pourrait faire valoir en faveur de la commande électrique, cette possibilité de proportionner l'énergie au travail réellement effectué, procure des économies qui ne sont pas à dédaigner, et qui en fin d'année sont quelquefois plus importantes que les frais d'intérêt et d'amortissement de la somme supplémentaire qu'on a été obligé d'immobiliser en première installation.

On ne peut donc pas affirmer sans avoir fait un projet comparatif que l'un ou l'autre mode de transmission est plus avantageux, car il faut considérer le genre d'industrie auquel on a affaire, son mode de travail, les dispositions locales, le prix de la force motrice, etc.; mais la meilleure preuve que l'on puisse donner des avantages qu'offre l'électricité, c'est que nous voyons des établissements industriels qui étant montés depuis longtemps avec transmissions mécaniques n'ont pas hésité à les transformer en transmissions électriques.

C'est donc une question d'espèce.

M. Dubreuil est d'accord avec M. Dumont pour l'examen comparatif des diverses solutions qui peuvent se présenter et il ajoute que pour l'évaluation rapide du prix de revient d'une installation, on peut faire usage de quelques coefficients très pratiques qu'une longue expérience et le règlement de nombreux mémoires ont fixés très sérieusement.

Par exemple le prix d'un moteur conjugué ou compound correspond au prix d'achat de ce moteur $\times$ 1,50 *f* pour bâtiments, machines, massifs, tuyauterie, arbre et poulie d'attaque, décoration, etc.

1,80 *f* si c'est un moteur simple, 2 à 2,20 *f* si c'est un moteur à jumeler.

Qu'une chaudière ordinaire, y compris, massifs, tuyauterie, bâtiments, etc., vaut le double de son prix d'achat.

Les canalisations, cheminées, réfrigérants, etc., 0,25 *f* à 0,30 *f* des dépenses initiales ci-dessus.

M. Dubreuil s'excuse d'avoir fait dévier l'entretien principal, mais il trouve son excuse dans l'intérêt que présentaient les observations qui lui

été ont faites, et il remercie à nouveau M. le Président de la Société des Ingénieurs Civils de France, d'avoir bien voulu lui donner le sujet de développer si amplement sa communication.

Personne ne demandant plus la parole, M. LE PRÉSIDENT remercie vivement M. Dubreuil de sa communication qui a soulevé une discussion intéressante.

D'autre part, les renseignements fournis par M. Dubreuil ont d'autant plus d'intérêt qu'ils sont pratiques et consacrés par l'expérience.

Il est donné lecture en première présentation des demandes d'admission de MM. L.-A. Bouchon, J.-B. Chevreux, L.-E.-P. Goichot, H.-P. Menard, R. Raoul-Duval, G.-E. Samain, T.-F. Schertzer, J. Temperley, comme membres sociétaires, et MM. A.-H. Croizier, E.-L. Surcouf comme membres associés.

MM. L.-P. Charpentier, J.-H. Petit et F.-Ch. Taupiat, sont reçus membres sociétaires, et M. Lamaizière, membre associé.

La séance est levée à 11 heures moins le quart.

LA
MÉTALLURGIE DU FER ET DE L'ACIER
AUX EXPOSITIONS UNIVERSELLES
DE 1889, A PARIS, ET DE 1894, A LYON

PAR

M.-J. EUVERTE

Si jamais on entreprend de résumer l'histoire des progrès de la métallurgie du fer et de l'acier pendant la deuxième moitié du dix-neuvième siècle, historique qui présenterait, il faut le reconnaître, un intérêt considérable, on trouvera, dans tous les documents relatifs aux Expositions universelles, de très précieux éléments d'information.

Les industriels se présentent volontairement aux Expositions universelles, avec l'intention, bien manifeste, de mettre en lumière l'état réel de leurs procédés de fabrication, et des résultats obtenus ; ils ont intérêt à fournir au public des explications complètes sur les progrès réalisés, et l'on se trouve ainsi en présence d'un concours bien caractérisé.

Le spectateur compétent peut donc avoir la certitude de trouver, dans ces grandes manifestations industrielles, des éléments d'information et de comparaison absolument sérieux, et d'avoir, ainsi, la possibilité de préciser quelle est la situation de l'industrie à une époque déterminée.

C'est pourquoi, désireux de donner quelques indications, aussi exactes que possible, sur l'état actuel de l'industrie métallurgique en France, il nous a paru que l'Exposition universelle de 1889, à Paris, complétée par celle de 1894, à Lyon, pouvait servir de point de départ à ce travail.

Nous n'avons pas l'idée qu'il devra ressortir de cette étude la connaissance de faits nouveaux, ignorés jusqu'à ce jour ; nous savons, au contraire, que les progrès très importants, réalisés dans le cours des dix dernières années, et mis en lumière par les Expositions de 1889 et de 1894, sont très connus et appréciés à leur

juste valeur. Mais, nous pensons que certains renseignements, fournis assez récemment par les industriels, peuvent permettre de donner, aujourd'hui, à propos de ces progrès considérables, des explications rationnelles et satisfaisantes.

Nous pensons, de plus, qu'un exposé complet et méthodique pourra répondre, aujourd'hui, à bien des questions que, parmi les personnes compétentes, chacun se posait dans ces dernières années.

Je dois ajouter que, dans le but de donner à cet exposé un caractère plus général, et aussi pour bien déterminer le chemin considérable parcouru par la grande industrie métallurgique dans la voie du progrès, il m'a paru utile de présenter un résumé rapide des faits qu'il a été possible de constater aux diverses Expositions universelles depuis 1855.

C'est surtout par la comparaison qu'il est possible de mesurer le chemin parcouru, et il m'a semblé que cette étude pouvait être particulièrement intéressante dans le moment actuel, à la condition d'y procéder à grands traits, sans trop s'attarder aux détails, et de ne mettre en pleine lumière que les faits plus particulièrement caractéristiques de chaque période.

I

La première Exposition universelle française fut celle de 1855. La grande industrie métallurgique française était alors à ses débuts, et déjà se manifestait le commencement de cette longue série de transformations et de progrès dont nous aurons à constater l'accélération dans la suite de ce travail.

C'est ainsi que le jury de 1855 accordait une récompense de premier ordre à *MM. Thomas et Laurens*, créateurs des appareils au moyen desquels on pouvait appliquer les gaz des hauts fourneaux au chauffage du vent. Il est bien certain que cette invention était l'une des plus importantes de cette période industrielle et que la haute récompense accordée par le jury était absolument justifiée.

Dans le même ordre d'idées, il faut également faire remonter à la période de 1845-1855 l'utilisation des chaleurs perdues des fours à réchauffer pour la production de la vapeur.

L'Exposition universelle de 1855 était plus particulièrement caractérisée, en ce qui concerne l'industrie métallurgique, par le

désir de mettre en lumière le développement des moyens mécaniques appliqués au laminage.

C'est ainsi que les usines de *Châtillon-Commentry*, le *Creusot*, *La Providence*, *Montataire*, *Ars-sur-Moselle*, qui était alors usine française, etc., etc., étaient représentées par des produits de grandes dimensions, en barres profilées de toutes formes, tôles longues et larges, etc.; ces divers spécimens atteignant des poids de 1 500 *k* par pièce, ce qui était alors un maximum.

C'est à cette époque qu'apparaissait *le rail Barlow*, laminé dans les usines de Decazeville et Châtillon-Commentry, à destination des chemins de fer du Midi. L'usine de Decazeville avait créé, en vue de ce laminage difficile, un appareil spécial connu sous le nom de *co-lamineur*, dont les dessins figuraient à l'Exposition, et que l'on retrouverait dans les divers traités de métallurgie publiés depuis 1855.

Les diverses usines que nous venons de mentionner paraissaient n'avoir, à cette époque, *aucune préoccupation de la qualité des produits ;* dans chaque région, on obtenait, par les procédés ordinaires, un produit dont la qualité dépendait uniquement de la nature des minerais de fer existant dans cette région, et personne ne songeait alors à modifier d'une manière quelconque les propriétés physiques d'une matière qui paraissait avoir été créée de toutes pièces par la nature.

Il importe de remarquer, cependant, que quelques usines, plus spécialement obligées, par la nature de leur industrie, à se préoccuper des diverses questions qui touchent à la qualité des produits, avaient mis sous les yeux du public des échantillons très intéressants.

*MM. Petin, Gaudet et C*ie, grands initiateurs en cette matière, mettaient en lumière, pour la première fois, *les bandages de chemins de fer à grains fins*, laminés circulairement au moyen d'un laminoir spécial.

Ce produit, nouveau alors, était véritablement remarquable, aussi bien par le procédé du laminage, que par la qualité du métal, obtenu par le puddlage des fontes au bois du Berry.

L'usine de *Niederbrown*, alors française, montrait également des bandages en fer à grain fin, d'une qualité similaire.

Le Creusot, à côté d'une exposition très complète de produits courants, rails, barres diverses, tôles, etc., montrait également une grande préoccupation d'obtenir, en vue des constructions de machines, des produits de qualité supérieure. On pouvait remar-

quer, dès cette époque, une série de produits provenant de fontes fines au bois, affinées au bois ou au four Puddler, suivant la qualité que l'on voulait obtenir.

On voyait alors apparaître, pour la première fois, dans cette exposition du Creusot, *l'acier Puddlé*, dont les propriétés commençaient seulement à être connues. Chargé personnellement, à cette époque, de la direction de la fabrication du fer, au Creusot, j'avais fait, sur ce produit nouveau, des études qui apparaissaient pour la première fois à l'Exposition de 1855.

Les mines de *Seraing* et d'*Ougrée*, en Belgique, montraient également d'intéressants échantillons de cet acier puddlé.

Dans cet ordre d'idées *de la qualité*, il est impossible de passer sous silence l'usine anglaise de *Low-Moor*, qui avait acquis une véritable célébrité pour *la qualité spéciale des tôles* de sa fabrication. On trouvera dans tous les traités de métallurgie de cette époque, la description détaillée de ce procédé de fabrication, qui paraissait très singulier au premier abord, et était cependant très rationnel ; disons seulement que jusqu'au jour où les tôles en métal fondu sont entrées dans la consommation courante, les tôles de Low-Moor étaient les seules donnant des garanties absolues pour la construction des chaudières à vapeur. Il n'est pas sans intérêt d'ajouter que, pendant bien longtemps, ces tôles étaient vendues à *un franc le kilogramme*. Si l'on songe qu'il s'agit ici d'un produit anglais, l'étonnement est permis.

En ce qui concerne la production des *pièces de forge*, on voyait, dès cette époque, apparaître les produits remarquables de *MM. Petin, Gaudet et C^ie^*, notamment un arbre de 23 000 *kg* pour le navire *Eylau*, de la marine de l'État, et aussi diverses pièces pour la marine et les chemins de fer, parmi lesquelles il faut signaler plus particulièrement les essieux Coudés.

MM. Russery et Lacombe, de Rive-de-Gier, tenaient déjà, alors, une place importante dans cette fabrication.

Les rapports entre l'industrie métallurgique et la *Défense nationale* apparaissaient pour la première fois à cet exposition, et cela dans des circonstances qui nous paraissent plus particulièrement intéressantes aujourd'hui.

Les usines de *MM. Petin-Gaudet et C^ie^* et celles du *Creusot* mettaient en lumière, précisément à cette époque, la première tentative de fabrication de plaques de *blindage de navires*; il s'agissait alors de plaqués de 10 à 12 *cm* d'épaisseur, 1 *m* de largeur au maximum et 4 à 5 *m* de longueur.

Cette première tentative de blindage, due à l'initiative du célèbre ingénieur *Dupuy de Lôme*, avait été conçue en vue de la construction de *batteries flottantes* destinées à l'attaque des forts de *Kinburn*. Nous étions alors en guerre avec la Russie, et la place de Kinburn fut réduite le 15 octobre 1855, avec le concours des batteries flottantes dont il vient d'être question.

Il est incontestable qu'aussi bien sous le rapport métallurgique qu'à un point de vue tout à fait général, ce souvenir est particulièrement intéressant.

L'*acier* n'occupait qu'une place relativement restreinte à l'Exposition de 1855; il ne s'agissait alors que d'*acier cémenté* et d'*acier au creuset*. *MM. Petin-Gaudet et C*^{ie}, successeurs de *MM. Jackson*, en ce qui concerne la fabrication de l'acier, prenaient déjà, à cette époque, l'initiative hardie de la fabrication des grosses pièces en acier. On pouvait notamment admirer, à l'Exposition de 1855, *un essieu coudé de locomotive en acier fondu*; c'était un fait que l'on pouvait considérer alors comme très remarquable.

Il faut ajouter que MM. Petin-Gaudet et C^{ie} devançaient ainsi un desideratum formulé, en 1863, par M. Brüll, l'un des anciens présidents de la Société des Ingénieurs Civils. Les conclusions de M. Brüll étaient très favorables, dès cette époque, à l'emploi de l'acier dans le matériel des chemins de fer. Les faits postérieurs, que nous aurons à examiner dans le cours de cette étude, montreront que M. Brüll était absolument dans le vrai.

MM. Petin-Gaudet et C^{ie} exposaient également une *chaudière à vapeur en acier fondu;* c'était là une application plus discutable de l'acier fondu, auquel on ne pouvait alors donner une douceur suffisante pour l'employer en toute sécurité dans les chaudières à vapeur.

La Société *Verdié et C*^{ie}, qui avait alors une année d'existence seulement, produisait, à l'Exposition de 1855, un échantillon de *métal mixte*, acier soudé sur fer, qui avait été très remarqué. La production de l'acier fondu était alors très coûteuse, et l'on était arrivé à envisager la nécessité, dans certains cas particuliers, la fabrication des rails, par exemple, de souder l'acier sur le fer.

C'est là le but qu'avait voulu atteindre M. Verdié; sa tentative avait réussi, par suite de certaines dispositions spéciales, très bien comprises, qu'il employait au moment de la coulée; il reçut alors la décoration de la Légion d'honneur.

Il est impossible de ne pas mentionner ici, à propos de l'Exposition de 1855, une exhibition de la célèbre maison *Krupp* d'Essen

qui était, pour le plus grand nombre des visiteurs compétents, un des spécimens les plus remarquables des produits de l'industrie métallurgique.

Indépendamment d'un lingot d'acier fondu au creuset, d'un poids de 5 000 *kg*, déjà considérable à cette époque, l'usine d'Essen présentait de remarquables échantillons d'acier qui avaient vivement éveillé l'attention de tous les spécialistes.

On ne comprenait guère l'acier fondu alors, que sous la forme d'outils, d'instruments tranchants, d'armes, et autres objets de même nature; le public connaisseur fut donc profondément étonné de trouver dans une petite vitrine, très coquettement garnie de velours sombre, une série d'échantillons d'acier fondu dont l'aspect renversait toutes les idées antérieurement admises.

Quelques-uns de ces échantillons montraient le grain de l'acier le mieux caractérisé; d'autres apparaissaient avec une texture veloutée, tout à fait nouvelle alors; tous étaient plus ou moins pliés, tordus, torturés de toutes les manières, indiquant ainsi une malléabilité qu'on croyait alors incompatible avec la nature même de l'acier.

Les producteurs français ont, depuis lors, obtenu des aciers identiques; mais alors le fait était absolument nouveau et avait appelé la plus sérieuse attention, jointe à une réelle admiration de tous les hommes spéciaux.

Nous arrêtons ici nos observations en ce qui concerne l'Exposition de 1855, et nous croyons pouvoir résumer comme suit les observations auxquelles devait donner lieu l'étude des produits de l'industrie métallurgique :

1° Progrès important au point de vue de l'utilisation des gaz des hauts fourneaux, et de l'emploi des chaleurs perdues des fours à réchauffer;

2° Tendance à démontrer surtout la puissance des moyens de laminage, et exposition très complète des produits courants, rails, barres, tôles, etc.

3° Quelques tentatives sérieuses en vue d'obtenir des produits de qualité supérieure ;

4° Apparition des blindages de navires ;

5° Commencement de la fabrication des grosses pièces forgées en acier.

Les divers produits étaient exposés avec quelques rares démonstrations de la qualité dans les cassures ; mais il n'existait rien

alors en ce qui concerne les épreuves méthodiques pouvant être résumées en chiffres comparatifs.

Les Compagnies de chemins de fer et la marine de l'État commençaient seules à entrer dans la voie des essais par choc et par flexion, à l'aide d'appareils bien définis et avec constatation chiffrée des résultats; c'était là, à cette époque, une initiative qui ne devait porter tous ses fruits que plus tard.

II

L'Exposition universelle de 1867, la première installée au Champ-de-Mars, présentait, au point de vue métallurgique, une importance infiniment plus considérable que celle de 1855; la période de douze ans qui venait de s'écouler avait été véritablement féconde en progrès et en transformations de toute nature.

Depuis 1855, deux faits importants étaient venus apporter une profonde transformation dans l'industrie métallurgique :

L'invention du procédé Bessemer;

L'emploi, par les industriels français, des minerais de fer de qualité supérieure, provenant de l'Algérie, de l'Espagne, de l'île d'Elbe, etc., etc.

Tout le monde sait, depuis longtemps, en quoi consiste l'invention de Bessemer; il n'est cependant pas sans intérêt, au point de vue métallurgique, de dire ici quelques mots des commencements de l'application de ce procédé, qui devait exercer une influence si considérable sur l'avenir de l'industrie métallurgique.

Bessemer était plus mécanicien que métallurgiste; et il est certain que les dispositions imaginées par lui pour soumettre la fonte en fusion à l'action d'un puissant courant d'air, en vue de produire la décarburation, étaient extrêmement ingénieuses.

Mais, au début, c'est-à-dire vers l'année 1856, l'opération métallurgique ne donnait que de médiocres résultats, le métal obtenu n'était guère autre chose que du fer oxydé, non malléable.

M. Gruner, inspecteur général des mines, l'un de nos plus savants métallurgistes, avait conseillé aux industriels français de ne pas suivre M. Bessemer dans la voie où il s'engageait; il faut bien dire que M. Gruner avait alors absolument raison. J'eus personnellement l'occasion de passer à l'usine de Dowlais, dans le pays de Galles, en 1856, au moment des premiers essais du pro-

cédé, et les échantillons que j'ai pu voir sortir de l'appareil étaient absolument inutilisables industriellement.

C'est seulement lorsque l'on fut arrivé à l'idée de l'addition de fonte manganésée à la fin de l'opération, que le procédé Bessemer devint industriellement pratique, et donna bientôt des produits tout à fait remarquables.

Ce n'est pas le lieu de rechercher ici à qui revient cette idée de l'addition finale; disons seulement qu'à la fin de l'année 1861 M. Gruner fit connaître aux industriels français les résultats des études persévérantes de M. Bessemer, et indiqua d'une manière précise, qu'à la condition de ne point traiter des fontes impures, au point de vue du phosphore et du soufre, on pouvait obtenir des produits excellents par ce procédé.

C'est à partir de cette époque que la fabrication de l'acier par ce procédé entra dans la pratique courante de l'industrie métallurgique, en France et à l'étranger. La production du métal fondu prit bientôt dans le monde une importance considérable; et le moment vint où l'on se demanda s'il n'y avait pas lieu de donner un *nom spécial* aux métaux obtenus par les nouvelles méthodes. Après quelques hésitations sur le point de savoir si une nouvelle dénomination serait appliquée, on s'est arrêté à la résolution de conserver le mot *acier* pour tout métal obtenu par la fusion. Nous pensons que cette résolution était la meilleure qu'il soit possible de prendre.

L'emploi des minerais de qualité supérieure d'Espagne, d'Italie, d'Algérie, etc., qui s'est produite à cette époque, a été un fait également considérable, puisque sans l'intervention de ces minerais dans l'approvisionnement des usines, la fabrication de l'acier en grandes masses aurait été impossible. Disons, toutefois, en ce qui concerne la France, que l'emploi des minerais de qualité supérieure avait *précédé* et non suivi l'installation du procédé Bessemer; ceci est surtout applicable à ce qui concerne le Creusot.

Il est à peine utile de faire remarquer ici qu'indépendamment de la richesse de ces minerais, le développement considérable qu'avaient déjà pris alors les transports par chemins de fer, pouvait seul rendre possible l'emploi de minerais situés à des distances aussi considérables.

Aussi, il faut bien le dire, c'est surtout à M. Paulin Talabot, ancien directeur général de la Compagnie des chemins de fer de la Méditerranée que l'on doit l'exploitation en grand des minerais de Mokta-el-Hadid et autres gisements algériens, ainsi que l'orga-

nisation des moyens de transport ; la suite de cet exposé montrera quel service a été rendu ainsi à l'industrie métallurgique.

Si maintenant nous passons à l'étude rapide des produits exposés au Champ-de-Mars en 1867, nous constaterons l'importance considérable des deux faits principaux que nous venons de mentionner, sur l'ensemble des industries françaises et étrangères.

A. — Matières premières, minerais, combustibles.

Toutes les grandes Sociétés métallurgiques françaises : Creusot, Petin-Gaudet, Châtillon-Commentry, Terrenoire, etc., exposaient, en 1867, des collections d'échantillons de minerais de fer, parmi lesquels on pouvait distinguer Mokta, minerais manganésifères d'Espagne, minerais de Sardaigne, de l'ile d'Elbe, etc., etc.

On voit également apparaître des échantillons de combustibles, avec distinction de leurs applications, et aussi les diverses matières réfractaires employées dans la construction et l'entretien des appareils métallurgiques.

A côté de toutes ces matières sont indiquées les analyses chimiques complètes ; quelques usines, notamment celle du Creusot, exposent des spécimens d'appareils de laboratoire de chimie.

L'obligation d'arriver à la pureté des matières premières avait entraîné la création de laboratoires, et l'intervention de chimistes dans les usines, fait à peu près inconnu avant 1860.

B. — Fontes de moulage et d'affinage.

La nécessité de fabriquer des fontes très pures et d'y introduire certains éléments, tels que le manganèse et le silicium, avait obligé les industriels à des études très sérieuses sur la fabrication de la fonte, et l'on trouvait à l'Exposition de 1867 la preuve que ces divers travaux avaient été couronnés de succès.

MM. *Petin-Gaudet et C*[ie] mettaient en évidence des fontes manganésées, notamment du *spiegel-eisen* pour la fabrication de l'acier Bessemer.

Le *Creusot* présentait un très bel assortiment de fontes de moulages très résistantes, par suite de l'introduction du minerai de Mokta dans les hauts fourneaux.

L'usine de *Firminy* avait également créé un haut fourneau pour l'emploi du minerai de Mokta.

L'usine de *Terrenoire* fabriquait également, grâce au minerai de Mokta, des fontes de qualité supérieure qui passaient *directement*

dans l'appareil Bessemer, sans qu'il fût nécessaire de les soumettre à une deuxième fusion.

Toutes les usines, sans exception, indiquaient des résultats d'épreuves au choc, pratiqués pour les fontes de moulage. Quelques-unes donnent les analyses complètes, en indiquant d'une manière spéciale le *silicium*, dont la pratique du procédé Bessemer avait révélé l'importance.

Cette importance donnée à la qualité des fontes et à la constatation de leur composition chimique est une des caractéristiques de l'Exposition de 1867.

C. — Fers laminés en barres et en tôles.

On retrouve en 1869, ainsi que nous l'avions fait remarquer pour l'Exposition de 1855, la tendance à démontrer la puissance des moyens de production; les usines de Châtillon-Commentry, Creusot, Petin-Gaudet, Ars-sur-Moselle, etc., mettent sous les yeux du public des profilés jusqu'à 1 *m* de hauteur, des tôles dont le poids unitaire s'élève jusqu'à 4 900 *kg*, en un mot, une série de tours de force dont la nomenclature détaillée ne saurait trouver place dans le présent travail.

Mais on voit apparaître, pour la première fois, des échantillons de fer classés avec le plus grand soin au point de vue de la *qualité*, et de l'*emploi ultérieur*. Dans cet ordre d'idées, le *Creusot* avait produit une série d'échantillons véritablement remarquable.

Assurément, tous ceux qui ont étudié cette série d'échantillons de fers et tôles, classés en *sept qualités*, avec des essais à froid et à chaud, destinés à en faire ressortir les diverses applications, n'ont pu oublier cet ensemble extrêmement intéressant. C'est grâce à l'introduction des minerais de qualité supérieure, Mokta et autres, dans les hauts fourneaux, et à de judicieux mélanges de ces divers minerais, qu'il avait été possible d'obtenir cette remarquable série de qualités diverses, toutes bien caractérisées, avec indication des écarts de prix de vente. Cette étude avait été alors tellement précise, que, depuis bientôt trente ans qu'elle a été créée, aucune modification n'y a été apportée.

Il faut ajouter que toutes les grandes usines, sans exception, étaient entrées dans cette même voie de la production des fers de qualité supérieure, grâce à l'introduction des minerais de Mokta et autres. C'est là, nous le répétons, l'un des faits dominants de l'Exposition de 1869.

D. — **Acier Bessemer.**

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, l'acier Bessemer apparaissait en 1867, pour la première fois, comme un fait pratique, aux yeux du grand public.

En France, les usines d'*Imphy*, *Saint-Seurin*, *Petin-Gaudet*, *Terrenoire*, exposaient un certain nombre d'échantillons d'acier Bessemer, sous forme de rails pour la plupart. L'usine de Terrenoire avait bien présenté quelques échantillons d'*acier Bessemer doux* avec résultats d'essais de traction; mais les résistances et allongements présentaient de grandes irrégularités; cette fabrication ne donnait pas alors une sécurité suffisante. C'est seulement en 1868, qu'on est arrivé à produire d'une manière assez régulière des aciers doux à l'appareil Bessemer.

La production de l'acier Bessemer, mise en pratique, en France, à partir de 1863, avait été de *10 791 t* en 1866.

Les *usines anglaises* n'étaient point encore arrivées à produire l'acier par le nouveau procédé, et n'étaient représentées, à l'Exposition de 1867, que par les produits d'une usine que l'inventeur avait installée à Scheffield.

Les *usines de Suède* sont celles qui ont tiré, tout d'abord, le meilleur parti du procédé Bessemer, grâce à la qualité spéciale des minerais de fer de ce pays, qui ne contiennent que des doses infinitésimales de phosphore, et dont quelques-uns sont manganésifères d'une manière appréciable.

Aussi, voit-on figurer, à l'Exposition de 1867, les aciers Bessemer provenant des usines de Suède, notamment de celle de *Fagersta*, avec indications sur les teneurs en carbone et quelques résultats d'essais de traction. Si l'on se reporte à l'année 1867, c'est-à-dire à l'origine de l'application du procédé Bessemer, on constatera que cette exposition présentait un réel intérêt.

M. Rinman, métallurgiste suédois, présentait sur les usines de cette contrée une très intéressante notice.

Très intéressante également, l'exposition de l'usine de *Neuberg*, en Styrie, avec une série d'échantillons très bien classés, par ordre de teneur en carbone, avec indication des essais de traction.

F. — Aciers au creuset. — Gros lingots d'acier.

L'*usine Krupp* présentait, à l'Exposition de 1867, un lingot d'acier au creuset de 40 000 *kg*, dont une partie avait été forgée avec un marteau-pilon de 50 000 *kg*. Nous voici loin, en ce qui concerne cette usine, du lingot de 5 000 *kg* de 1855 !

Les usines françaises n'étaient point représentées aussi largement, sous cette forme spéciale de lingots d'acier ; *MM. Petin-Gaudet et C*ie avaient cependant atteint le poids de 25 000 *kg*, pour un lingot qu'on avait pris le soin d'entailler de manière à présenter une très belle section de rupture.

On pouvait également admirer un bandage de chemin de fer en acier fondu, provenant des usines de MM. Petin-Gaudet et Cie, c'était la première tentative de ce genre.

G. — Pièces moulées. — Fonte dure en acier.

L'*usine de Gruson* était représentée à l'Exposition de 1867 par de très intéressants spécimens de sa fabrication de fonte trempée : roues de wagons, croisements et changements de voie, outils divers, etc.

Les pièces les plus remarquées étaient des *projectiles de rupture* pouvant perforer les plaques de blindages. Dès 1868, cette fabrication avait été imitée en France, et certainement perfectionnée, par les usines de Châtillon-Commentry et de Terrenoire.

L'*usine de Bochum*, Allemagne, présentait une collection très remarquable de *moulages en acier*, provenant de la fusion au creuset.

Tous ceux qui ont examiné attentivement l'exposition des produits métallurgiques en 1867, n'ont certainement pas oublié les vingt-deux roues de wagons, coulées en un seul jet, et attachées au jet de coulée central ; c'était là un spécimen très remarquable de la puissance et de l'habileté de la fonderie d'acier de Bochum. Cette même usine exposait encore, en 1867, comme elle l'avait fait en 1855, des cloches en acier dont le tintement était caractéristique.

H. — Pièces forgées. — Blindages.

Les grosses pièces forgées étaient largement représentées à l'Exposition de 1867. *MM. Marrel frères*, présentaient un *arbre à*

trois coudes, d'un poids considérable; c'était le spécimen d'une grande difficulté vaincue, au point de vue du forgeage.

*MM. Petin-Gaudet et C*ie avaient dû employer un lingot d'acier de 16 000 *kg* pour fabriquer un arbre coudé, également très remarquable.

MM. Russery et Lacombe, forgeurs très intelligents, montraient un assortiment remarquable de pièces forgées.

Depuis 1855, la fabrication des *plaques de blindages* avait pris un développement considérable. L'idée première des batteries flottantes de Kinburn avait fait rapidement son chemin, ainsi qu'il était possible de le constater en 1867, par l'importante exposition de *MM. Petin-Gaudet et C*ie.

Ces messieurs indiquaient alors que *quarante-deux navires* avaient été cuirassés avec les plaques provenant de leurs usines; ils avaient à l'Exposition tout un assortiment de plaques de 15, 20, 25 *cm* d'épaisseur, dont les poids s'élevaient jusqu'à 9 600 *kg* la pièce. Nous avons vu depuis des poids bien autrement importants!

Toutes ces plaques étaient en *fer fin de fonte au bois;* on ne pensait pas alors que l'*acier* pût être appliqué à cette fabrication. La Société de *Chatillon-Commentry, etc.*, exposait également une plaque de blindage de 20 *cm* d'épaisseur, du poids de 6 500 *kg*.

J. — **Matériel de guerre. Canons, frettes, etc.**

C'est à l'Exposition de 1867 que l'on vit, pour la première fois, apparaître le matériel d'artillerie. MM. *Petin-Gaudet et C*ie présentaient un canon de 24 *cm*, chargement par la culasse, à destination de l'artillerie de marine, du poids de 16 000 *kg*; puis un canon de 12 *cm* pour l'artillerie de terre.

Ces messieurs exposaient également tout un assortiment de frettes cylindriques et de frettes à tourillon. La fabrication de ces éléments indispensables des canons modernes avait pris naissance chez MM. Petin-Gaudet et Cie et y était devenue véritablement très remarquable. Il avait fallu réaliser un métal très résistant et très élastique, problème d'une solution difficile, avec les éléments dont l'industrie disposait alors. L'*acier puddlé*, produit dans de bonnes conditions, avait donné toute satisfaction; on ne pensait pas alors que l'acier fondu pût recevoir cette application.

Une série de projectiles ogivo-cylindriques en acier fondu, complétait cette remarquable exposition de MM. Petin-Gaudet et Cie.

D'autre part, M. *Krupp d'Essen* avait amené au Champ-de-Mars une série de canons en acier de tous les calibres; son exposition était un véritable arsenal. L'un des canons était du poids de 50 000 *kg*; une frette à tourillons, en acier fondu, pesait 5 208 *kg*. Une série de projectiles en acier fondu, dont un obus du poids de 500 *kg*, complétaient cette véritable batterie allemande.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer qu'à cette date de 1867, M. Krupp indiquait, dans une notice spéciale, que les usines avaient livré des canons, projectiles, etc., pour une somme dépassant *26 millions de marcs*.

En résumé, l'Exposition de 1867, infiniment plus complète, au point de vue métallurgique, que celle de 1855, nous paraît avoir mis en lumière les faits industriels suivants :

1° Mise en pratique de la fabrication de l'acier fondu par le procédé Bessemer.

2° Introduction dans les usines françaises des minerais de qualité supérieure, de l'Algérie, l'Espagne, l'île d'Elbe, etc.

3° Application de la chimie à l'industrie métallurgique; les industriels introduisent dans les usines des laboratoires spéciaux et montrent une sérieuse préoccupation de la composition chimique des matières premières et des produits fabriqués.

4° Importance toute nouvelle donnée à la qualité des produits métallurgiques, fontes, fers et aciers.

5° Développement de la fabrication des grosses pièces de forge en fer et en acier, et notamment de celles destinées à l'armement, plaques de blindages, canons, projectiles, etc.

III

Nous avions constaté, à l'Exposition de 1867, un progrès notable de l'industrie métallurgique, comparativement à 1855. Une marche ascendante très rapide a été, de nouveau, révélée par l'Exposition de 1878.

Nous avions assisté en 1867 aux débuts de la production industrielle de l'acier fondu en grandes masses par le procédé Bessemer; nous trouvons au Champ-de-Mars, en 1878, la preuve que, chez toutes les nations industrielles, les application de ce procédé ont pris un développement considérable.

D'autre part, un nouveau mode de production de l'acier fondu avait surgi entre les deux dates de 1867 et 1878.

Le célèbre inventeur Siemens avait doté l'industrie d'un système de four donnant la possibilité d'obtenir les températures les plus élevées; ce four, combiné avec l'heureuse application qu'en avait faite M. Pierre Martin, avait rendu possible, sous le nom de four *Siemens-Martin*, la réalisation de nouveaux progrès dans la fabrication de l'acier fondu.

Le chemin parcouru depuis 1867 était considérable en ce qui concerne la fabrication de l'acier fondu; il apparaissait à tous les yeux sous les formes les plus variées, et l'on peut affirmer, qu'au point de vue métallurgique, là était le fait saillant de l'Exposition de 1878.

Il serait bien difficile, dans un exposé rapide et forcément limité, comme celui que nous avons entrepris, de donner une idée un tant soit peu complète de la manière véritablement remarquable dont l'industrie métallurgique était représentée à l'Exposition de 1878. Nous limiterons donc notre appréciation des produits exposés, à une rapide nomenclature, en suivant la classification logique par nature de produits, en nous arrêtant seulement sur les faits nouveaux d'une importance incontestable.

A. — Fonte de moulage et d'affinage.

Il s'était produit un fait considérable, dans la production de la fonte, depuis 1867. A la suite des malheurs de la guerre de 1870, et de l'annexion de la Lorraine à l'Allemagne, la France avait perdu un foyer de production métallurgique des plus importants. Les grandes usines de MM. de Wendel, Hayange, Moyenne, Styring-Wendel étaient devenues allemandes, et aussi celles d'Ars-sur-Moselle et Niederbrown; il y avait donc à combler, de ce fait, une lacune considérable dans la production nationale.

On se mit à l'œuvre sans retard, et dès 1878, on pouvait constater qu'une grande industrie de production de fonte avait été réorganisée de toutes pièces dans cette région, si bien dotée au point de vue des matières premières.

Les progrès les plus récents dans la construction et dans l'outillage des hauts fourneaux furent appliqués dans les usines nouvellement créées, et il était possible de constater, à l'Exposition de 1878, un progrès considérable, au point de vue économique, dans la production de la fonte en France.

Il faut ajouter que toutes les grandes usines de France, représentées à l'Exposition, mettaient en évidence une marche pro-

gressive absolument générale dans le même sens, amélioration qui doit être attribuée surtout aux transformations importantes apportées aux appareils destinés à chauffer l'air introduit dans les hauts fourneaux.

MM. *Siemens* et *Cooper*, d'un côté, et de l'autre M. *Witwell*, par la création de nouveaux appareils beaucoup plus volumineux que les anciens, et garnis intérieurement de matières réfractaires, avaient donné le moyen d'élever dans une très large proportion, de 350 à 700 degrés centigrades, la température du vent, et rendu ainsi plus facile la solution de tous les problèmes relatifs à la production de la fonte, aussi bien au point de vue de l'abaissement du prix de revient, qu'à celui de la qualité des produits obtenus.

On peut considérer cette transformation des appareils à air chaud comme l'un des progrès les plus considérables réalisés entre 1867 et 1878.

B. — Fers laminés en barres et en tôles.

Le laminage des barres en tôles de grandes dimensions n'avait pas subi de transformations importantes entre 1869 et 1878. Il faut remarquer, toutefois, que les produits qui paraissaient extraordinaires en 1869, étaient devenus courants en 1878.

Les études sur la qualité des produits paraissent, au contraire, être en progrès constant; c'est ainsi que, pour la première fois, on voit apparaître des indications résultant d'essais de traction sur les produits courants en fer. On peut signaler que le *Creusot* et les *Forges de Champagne* donnaient, à cet égard, des chiffres précis, que nous reproduisons dans les tableaux spéciaux, annexés à la présente notice.

C. — Aciers Bessemer et aciers Siemens-Martin, laminés en barres et en tôles.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, la fabrication des aciers fondus en grandes masses avait fait un pas en avant très considérable entre 1867 et 1878.

L'*acier Bessemer*, appliqué principalement à la fabrication des rails, avaient pris un développement considérable, principalement en France et en Allemagne. En Angleterre, le progrès, sur ce point spécial, avait été moins rapide; des hésitations s'étaient manifes-

tées, hésitations bien naturelles, si l'on songe que les minerais du Cleveland, de beaucoup les plus importants en Angleterre, ne pouvaient être appliqués à la fabrication de l'acier, par suite de la teneur trop élevée en phosphore.

On fit des tentatives dans cette région pour obtenir des rails en fer, sans soudure, en produisant, au puddlage, des loupes d'un poids considérable ; c'est pour arriver à ce résultat, qu'on avait imaginé le *four Danks*, appareil rotatif, dans lequel on pouvait obnir des loupes de grosses dimensions.

Mais on ne put arriver à fabriquer, par ce moyen, des rails de qualité suffisante, et l'Angleterre dut se limiter, pendant une certaine période, à utiliser le procédé Bessemer uniquement dans le district de Cumberland, qui possédait des minerais hématites de bonne qualité.

Depuis lors, les industriels anglais prirent le parti d'employer, sur une très vaste échelle, les minerais de Bilbao, dont la situation, à portée de la mer, rendait le transport facile, et à partir de ce moment, le procédé Bessemer, appliqué à la fabrication des rails, prit, en Angleterre, une extension considérable.

La fabrication des aciers obtenus par le procédé *Siemens-Martin* avait pris, entre 1868 et 1878, un sérieux développement. Les usines de Firminy avaient pris l'initiative de l'application en grand de ce procédé, expérimenté tout d'abord dans la petite usine de Sireuil, appartenant à M. Pierre Martin. Puis les usines du Creusot et celles de Terrenoire avaient suivi de très près, et rapidement, le procédé avait été appliqué par toutes les grandes usines, qui trouvaient ainsi le moyen d'obtenir, d'une manière courante, des aciers de qualités très diverses, depuis la nuance la plus dure, jusqu'au métal homogène complètement décarburé.

Les études les plus sérieuses avaient été faites dans toutes les usines importantes, aussi bien au point de vue de l'analyse chimique, qu'à celui des propriétés mécaniques des produits obtenus ; des progrès considérables avaient été réalisés dans cette voie.

Déjà, à l'Exposition de Vienne, en 1893, le Creusot avait donné une classification complète des aciers, avec indications très détaillées des propriétés mécaniques.

A l'Exposition de Paris, en 1878, des renseignements du même genre étaient donnés, *avec indication de la composition chimique*, par les usines de *Huttenberg* (Klagenfurt), *Hudelholm* et *Motala* (Suède), *Reschitza* (Autriche, *Terrenoire* (France), *Seraing* (Belgique), *With-*

worth (Angleterre), etc., etc. Les usines de Terrenoire avaient, notamment, exposé *une série continue* des métaux qu'il était possible d'obtenir, à partir de la fonte grise jusqu'aux aciers les plus doux, par le moyen de l'affinage au four Siemens-Martin.

Des analyses et des essais mécaniques avaient été donnés sur chacun des échantillons de la série. On trouvera aux tableaux annexés, des graphiques détaillés de tous les renseignements fournis par ces diverses usines.

Le choix des matières à introduire dans le four Siemens-Martin avait été l'objet, de la part de toutes les usines, de soins particuliers, surtout lorsqu'il s'agissait d'obtenir des aciers de qualité tout à fait supérieure. Dans tous les cas où l'on n'avait pas une confiance suffisante dans les vieilles matières, on y substituait des fers puddlés de bonne qualité, provenant de fontes supérieures.

Le Creusot avait résolu cette difficulté, au moyen d'un *four rotatif* analogue au four Danks, auquel on avait fait subir certaines modifications, et dont on se servait comme four à puddler pour l'affinage des fontes de qualité supérieure. Il est certain qu'on obtenait, par ce moyen, des fers puddlés d'excellente qualité, sous une forme très facile à introduire dans le four Martin.

Ce four spécial rotatif était représenté à l'Exposition de 1878, par un spécimen de grandeur naturelle, sous le nom de *four Bouvard*.

Le résultat de toutes les études dont il vient d'être question fut d'attirer l'attention la plus sérieuse des ingénieurs de la marine, de l'artillerie et des chemins de fer sur ces nouveaux produits du four Siemens-Martin, de qualité très supérieure à ce qu'il avait jamais été possible d'obtenir par la fabrication du fer.

Aussi, vit-on, dès 1872, la marine française aborder sérieusement la construction des navires en métal fondu, devançant, de plusieurs années, dans cette voie, l'amirauté anglaise.

On peut affirmer que ces résultats étaient entièrement dus aux études des métallurgistes français, qui, eux aussi, avaient marché plus vite que leurs émules d'Angleterre.

Aussi, les tôles et barres d'acier, destinées aux constructions navales et autres, tenaient-elles une place importante à l'Exposition de 1878. Les usines de *Saint-Étienne*, *Creusot*, *Saint-Chamond*, *Terrenoire*, en France, présentaient d'intéressants échantillons, avec essai de pliage, cintrage, etc., à froid et à chaud.

La Société *Cockerill* (Belgique) exposait de remarquables échantillons de tôles embouties ; *Landore-Siemens*, en Angleterre, avait

également exhibé de très beaux essais de tôles d'acier, dont les similaires se retrouvaient à l'exposition des usines de *Leeds*. On ne saurait trop répéter que tous ces produits des fours Siemens-Martin présentaient, pour les visiteurs compétents, un intérêt considérable.

D. — Moulages en fonte. — Fonte trempée. — Fonte malléable.

Les fontes moulées étaient très largement représentées à l'Exposition de 1878.

Le *Creusot*, indépendamment de tous les éléments du pilon de 80 000 *kg*, montrait un cylindre à vapeur de machine marine d'une exécution très parfaite.

Saint-Chamond présentait également des pièces énormes destinées au pilon de 100 *t*.

Les Sociétés de *Fourchambault*, *Marquises*, *Pont-à-Mousson*, et *M. Chapée*, au Mans, présentaient de nombreux assortiments de pièces moulées, parmi lesquelles on remarquait des tuyaux de grande longueur, coulés debout, avec des épaisseurs très régulières, et aussi minimes qu'il soit possible de le désirer.

Le *Creusot*, *Saint-Chamond*, avaient également envoyé au Champ-de-Mars des pièces énormes, du poids de 40 000 à 50 000 *kg en fonte durcie, pour blindages de fortifications*, fabrication spéciale et particulièrement remarquable. C'est en introduisant une certaine proportion d'acier dans la fonte, pendant la fusion, qu'on obtient le *durcissement;* mais la difficulté consiste à durcir précisément les points qui doivent résister au choc des projectiles.

Nous avons dit plus haut, à propos de l'Exposition de 1867, que certaines usines françaises avaient rapidement imité, et même amélioré, la fabrication des projectiles *Gruson;* on pouvait constater, en effet, à l'Exposition de 1878, que certains projectiles en *fonte dure*, des usines de *Châtillon-Commentry* et de *Terrenoire*, avaient été soumis à l'épreuve au champ de tir de Gâvres, et traversé, sans rupture, des plaques de blindage de 20 *cm*.

La *fonte malléable* était représentée au Champ-de-Mars, en 1878, par une remarquable collection, provenant de la fabrication de *M. Dalifol*, qui avait fait, à propos de cette fabrication, très délicate, des études suivies et des expériences très instructives sur les différents degrés de décarburation qu'il était convenable d'atteindre.

F. — Pièces moulées en acier.

Les pièces moulées en acier faisaient, à l'Exposition de 1878, une apparition qui avait été très remarquée. Les usines de Terrenoire avaient fait, sur cette question, des études qui avaient appelé l'attention des hommes compétents, études auxquelles l'un de nos collègues, M. Pourcel, avait pris une grande part. J'ai fait moi-même, à la date du 4 mai 1877, une communication à la Société des Ingénieurs Civils sur cette question qui était alors toute nouvelle; je ne crois donc pas avoir à y revenir aujourd'hui. Je me bornerai à rappeler que la Compagnie des usines de Terrenoire présentait, à l'Exposition de 1878, une importante collection de pièces diverses en acier coulé sans soufflures, parmi lesquelles on pouvait remarquer des obus de 32 *cm* pour la marine, ayant subi l'épreuve du tir; des tubes pour l'artillerie, ayant subi des épreuves à outrance; une collection de frettes pour canons de marine, etc., etc.

M. Withworth, exposant anglais, pratiquait un moyen absolument différent pour obtenir des aciers sans soufflures. Il avait eu l'idée de soumettre à une compression très énergique l'acier coulé dans le moule; cette idée fut reprise ultérieurement par MM. Révolier et Biétrix, à Saint-Étienne. Puis, finalement, à peu près abandonnée, au moins en ce qui concerne la France.

La Compagnie de Terrenoire avait, au contraire, indiqué et pratiqué cette idée que, pour atteindre le résultat, il fallait agir sur la composition chimique de l'acier, en indiquant que l'élément principal était l'*addition du silicium*. Il paraît bien établi aujourd'hui que, depuis 1878, le procédé qui a survécu est celui qui consiste à agir sur la composition chimique.

G. — Gros lingots d'acier. — Grosses pièces de forge. Blindages en fer et en acier.

La fabrication des gros lingots, grosses pièces en fer et en acier se présentait à l'Exposition de 1878, avec une ampleur dont le souvenir est certainement encore présent à l'esprit de tous ceux qui ont pris une part quelconque à cette manifestation industrielle.

Entre 1867 et 1878, il s'était produit un fait considérable en ce qui concerne la fabrication des pièces de grosse forge, et notamment celle des plaques de blindage ; il nous paraît indispensable de nous arrêter pendant quelques instants sur ce point spécial.

On avait cru, pendant un temps assez long, que l'acier fondu était impropre à la fabrication des plaques de blindage, sa structure cristalline, surtout en grosses pièces, devant diminuer, dans une large proportion, sa résistance à un choc violent.

On avait pensé d'abord que des plaques en acier très doux pourraient absorber le choc des projectiles ; mais on n'avait pas tardé à s'apercevoir qu'il fallait chercher la solution dans une tout autre voie, c'est-à-dire opérer sur des aciers assez durs pour arrêter le projectile.

C'est l'usine du *Creusot* qui, pendant plusieurs années, s'attacha avec une énergique persévérance à poursuivre la solution de cet important problème, qui présentait pour les marines française et étrangères une importance capitale, puisque partout les progrès de l'artillerie augmentaient la puissance de l'attaque, et qu'il était reconnu à peu près impossible d'augmenter la résistance des plaques en fer. Il fallait donc trouver un métal plus résistant sans être trop fragile, et c'est à chercher cette solution que le Creusot s'appliqua pendant plusieurs années, études qui aboutirent à un succès à la suite des essais que le gouvernement italien entreprit à la Spezzia, en 1876.

Le gouvernement italien avait entrepris, vers l'année 1876, la construction des navires *Duilio* et *Dandolo*, qui devaient être à cette époque les plus grands navires connus ; on avait décidé qu'ils seraient protégés par des *plaques de 55 cm d'épaisseur*. C'est alors que le Creusot proposa de fournir des plaques en acier ; le gouvernement italien, avant de prendre une résolution définitive, pensa qu'il y avait lieu de faire des essais comparatifs et décida, en 1876, que ces expériences seraient faites dans les conditions suivantes :

1° Essai sur des cuirasses en *fer* composées d'une seule pièce, ou de plusieurs plaques superposées ;

2° Expérimentation des plaques en *acier*, d'une seule pièce, que le Creusot proposait.

Le constructeur Armstrong avait construit, à destination des grands navires *Duilio* et *Dandolo*, un canon du poids de 100 000 *kg*, du calibre de 55 *cm*, destiné à lancer, avec une vitesse de 450 à 500 *m*, un projectile en acier, du poids de 908 *kg*.

Nous n'avons pas l'intention de reproduire ici les détails de ces expériences, qui furent très prolongées et eurent à cette époque un grand retentissement. Disons seulement que la plaque d'acier

protégea efficacement les flancs du navire et que toutes les autres combinaisons avaient été reconnues impuissantes.

La plaque *Schneider*, attachée aux flancs du navire, par un système ingénieux de boulons, prisonniers dans la plaque elle-même, et ne la perforant pas complètement, se brisait sous le choc des projectiles, mais la muraille du navire n'était pas atteinte, et là était, pour le moment, le point essentiel.

Tout un ensemble de faits importants résultait de ces épreuves de la Spezzia en 1876 : construction de navires de dimensions exceptionnelles; nécessité de cuirasses métalliques d'une très grande épaisseur, et vraisemblablement, obligation prochaine de fabriquer ces plaques en acier.

On s'explique ainsi la construction de ces énormes marteaux-pilons, dont le Creusot exposait un premier modèle en 1878, suivi de près par les usines de Saint-Chamond, et bientôt aussi par MM. Marrel frères de Rive-de-Gier.

Vers le même temps, un autre procédé fut appliqué en Angleterre, en vue de substituer à la plaque en fer, devenue insuffisante, une *plaque mixte, fer et acier*. Sur une plaque en fer, forgée par les procédés ordinaires, on coule une couche d'acier très dur, représentant environ *un tiers de l'épaisseur totale.*

L'acier dur, opposé directement au choc du projectile, absorbe une partie considérable de la force vive, et le fer constitue, à l'arrière, un matelas destiné à arrêter les fentes que le choc du projectile pourrait déterminer dans l'acier.

Cette plaque mixte *Cammel-Wilson* donna, aux premières épreuves, des résultats très satisfaisants, et les producteurs français, *Saint-Chamond*, *Marrel frères*, *Commentry-Montluçon*, traitèrent avec l'inventeur Wilson pour avoir le droit d'appliquer le procédé nouveau dans leurs usines.

Nous aimons à constater ici que les industriels français, en agissant ainsi, faisaient preuve, tout à la fois, d'une réelle intelligence de la situation, et d'un patriotisme très éclairé. Ils ne croyaient pas le moment venu de fabriquer la plaque en acier massif, et, d'autre part, le procédé Wilson paraissait donner des résultats remarquables. Fallait-il donc laisser cette précieuse arme défensive aux mains des concurrents étrangers?

Traiter avec eux était beaucoup plus habile, et nous aurons occasion de constater, dans la suite de ce travail, que nos producteurs français ont souvent battu leurs concurrents étrangers avec leurs propres armes.

Il n'est pas sans intérêt de faire remarquer ici que le blindage mixte, Cammel-Vilson, était la reproduction très simplifiée de l'idée qui avait été mise au jour par M. Verdié en 1855, sous le nom de *métal mixte; nil sub sole novi.*

Disons enfin que les industriels français n'avaient pas eu le temps de préparer l'outillage destiné à la fabrication des plaques mixtes avant l'Exposition de 1878, et que par suite cette spécialité n'était point représentée dans la section française.

L'Exposition de 1878 mettait en lumière des types remarquables de plaques de blindage fabriquées par les divers procédés dont il vient d'être question.

Le *Creusot* exposait une plaque de tourelle en *métal Schneider* de 80 *cm* d'épaisseur et du poids de *65 000 kg.*

Saint-Chamond, plaque en fer de 25 à 30 000 *kg*, et plaque en *acier soudé* de 25 000 *kg*; nous ne pensons pas que cette combinaison de l'*acier soudé* ait jamais eu un grand succès. Les usines de Saint-Chamond exposaient encore des plaques laminées à *section trapézoïdale* avec laminoirs coniques.

MM. Marrel frères présentaient des plaques en fer dont l'une du poids de 49 000 *kg*, et aussi à *section trapézoïdale.*

Cammel présentait au Champ-de-Mars, une plaque mixte, dont l'épaisseur totale était de 221 *mm* sur lesquels l'acier représentait 101 *mm.* Une cassure de cette plaque mettait en évidence la différence de texture de deux métaux.

John Brown exposait également une plaque mixte, identique à celle de Cammel.

Les grosses pièces forgées, pour l'artillerie, étaient également représentées en 1878 par des spécimens importants.

Le *Creusot* exposait un tube de canon de 42 *cm*, longueur 11 *m*, 750 *mm* de diamètre intérieur, du poids de 38 000 *kg.*

Divers tubes de 340 *mm*, 155 *mm*, 90 *mm* et une frette à tourillon de 3 810 *kg.*

Les essais réglementaires pratiqués sur ces différentes pièces avaient donné :

Limite d'élasticité	30 à 35 *kg*	pour le gros tube	22 *kg*
Charge de rupture	62 à 64 —	—	53,5 —
Allongement	17 à 20 0/0	—	21,5 —

Saint-Chamond une série de gros lingots dont un de 40 000 *kg*, un canon de 34 *cm* et une grosse frette à tourillon.

Saint-Étienne présentait également une grosse frette à tourillon pour canon de 42 *cm.*

Après la revue rapide qui précède, nous nous croyons fondés à affirmer que l'Exposition de 1878 présentait, comparativement aux précédentes, un progrès que personne n'aurait supposé possible après ce qui avait été constaté en 1867, surtout si l'on considère que, dans l'intervalle, la France avait subi une crise violente, presque sans analogue dans l'histoire du passé.

Résumons donc rapidement, ici, les causes principales qui avaient amené ce brillant résultat.

1° Perfectionnements considérables dans les appareils à air chaud des hauts fourneaux.

2° Création du *four Siemens*, appliqué par M. *Pierre Martin* à la fabrication de l'acier fondu.

3° Études très sérieuses poursuivies sur les diverses qualités d'aciers, en tenant compte de leur composition chimique, et de l'influence qu'elle peut avoir sur les propriétés mécaniques.

4° Comme conséquence des études dont il vient d'être question, création de la fabrication des *pièces moulées en acier*, et progrès sérieux dans la fabrication de la *fonte dure trempée* et de la *fonte malléable.*

5° Première application de l'acier forgé à la fabrication des plaques de blindage, et création du *métal mixte* appliqué à ces mêmes plaques.

6° Nouveaux développements dans le matériel de l'artillerie, obligation de fournir des pièces en acier de plus en plus grosses.

7° Et enfin, comme conséquence de ce qui précède, augmentation très considérable dans la puissance de l'outillage, création des marteaux-pilons de 80, 100, 120 *t.*

Il faut ajouter que l'Exposition de 1878 a été suivie de certaines notices et résumés intéressants, dans lesquels on trouverait, examinées à fond et discutées sérieusement, les diverses questions sur lesquelles nous venons de passer rapidement. Nous signalons, dans cet ordre d'idées, un intéressant travail de M. Lan, inspecteur général des mines, publié par les *Annales des Mines* en juin 1879, et aussi un très bon travail de M. Deshayes, ancien ingénieur aux usines de Terrenoire.

IV

Ainsi que nous l'avons indiqué, au début de cette notice, nous considérons les deux Expositions de 1889 à Paris et de 1894 à Lyon, comme devant être fondues en une seule au point de vue des progrès de l'industrie métallurgique.

On retrouve à Lyon, en 1894, un grand nombre de produits qu'on avait pu voir à Paris en 1889; mais, des lumières nouvelles jaillissent de certaines communications faites par les exposants; certains faits sont ainsi expliqués d'une manière plus complète, et, d'autre part, certains résultats pratiques obtenus, entre 1889 et 1894, ont apporté la certitude sur certains points encore peu expérimentés à la première de ces deux dates. C'est pour mettre à profit le supplément d'information que nous a apporté l'Exposition de 1894, que nous allons procéder à une rapide revue des deux dernières Expositions universelles.

Chacune des grandes manifestations industrielles antérieures nous a donné l'occasion de constater l'apparition de certains faits, d'importance capitale au point de vue métallurgique; en 1867, c'était la création du procédé Bessemer, qui ouvrait à l'industrie métallique des horizons absolument nouveaux; en 1878, la fabrication de l'acier sur sole dans le four Siemens-Martin, constituait un nouvel élément de progrès, au point de vue des qualités de métal qu'il devenait possible d'obtenir; en 1889, nous constatons la rapide expansion du procédé *Thomas Gilchrist* pour la déphosphoration des fontes dans l'appareil Bessemer.

Nous ne nous attarderons pas ici à donner une description détaillée de l'opération Thomas Gilchrist, très connue d'ailleurs; disons seulement, qu'au moment où s'ouvrait l'Exposition de 1889, la production d'*acier basique* s'élevait, dans le monde entier, à *deux millions de tonnes;* sur cette quantité, la France produisait, dans le département de Meurthe-et-Moselle principalement, environ *200 000 t.*

La grande transformation amenée, dès 1867, par la pratique du procédé Bessemer, la substitution du métal fondu au métal soudé, se trouvait ainsi étendue à l'ensemble de l'industrie métallurgique; il n'était plus nécessaire d'employer des minerais spéciaux pour produire la fonte destinée à la transformation en métal

fondu de qualité convenable pour tous les emplois courants de l'industrie et de la construction.

La région de Meurthe-et-Moselle allait ainsi devenir, pour ce qui concerne la France, le plus important foyer de production de l'acier fondu, et toutes les régions métallurgiques possédant des minerais phosphoreux, le Creusot, notamment, avec les minerais de Mazenet, allaient pouvoir arriver à ce résultat avec leurs propres matières premières.

Il est impossible de méconnaître que c'était là un fait d'une importance capitale au point de vue métallurgique.

Notre savant collègue, M. Jordan, a donné à la Société des Ingénieurs Civils, dès 1886, des détails complets sur le procédé Thomas Gilchrist, il nous paraît donc inutile d'entrer aujourd'hui dans de nouveaux détails sur le procédé pris en lui-même; disons seulement que les métallurgistes français n'ont pas été absolument étrangers à cette remarquable création. D'une part, M. Gruner, le celèbre professeur, a été un véritable précurseur par ses travaux sur la question, publiés dès 1875; d'un autre côté, M. Muller, l'un des anciens présidents de la Société, avait prévu et préparé l'emploi de la magnésie par ses travaux sur les matières réfractaires.

Nous allons aborder, maintenant, l'examen des produits exposés, soit à Paris en 1889, soit à Lyon en 1894; cette partie du présent travail pourra être très utilement complétée par une intéressante notice publiée par M. Jordan, à l'occasion du Congrès de l'*Iron and Steel Institute* en 1889, à Paris.

A. — **Fontes brutes.**

Il nous paraît intéressant de reproduire ici, au moins en partie, une statistique de la production des fontes brutes dans le monde entier, entre les années 1867 et 1893. Ces chiffres ont été extraits, par le Comité des Forges de France, d'une communication faite par M. Schrœdter, le 13 janvier 1895, à l'assemblée générale des maîtres de forges allemands, dont il est le secrétaire.

Production des fontes (milliers de tonnes).

	1867	1878	1889	1893
France.	1 239	1 508	1 734	2 032
Belgique. . . .	423	519	832	760
Angleterre . . .	4 839	6 366	8 458	6 930
Allemagne. . .	1 264	2 148	4 524	4 953
Amérique . . .	1 326	2 338	7 872	7 239
Divers pays . .	934	1 419	2 609	4 875
TOTAL. . . .	10 013	14 298	26 027	26 989

Ce tableau peut donner lieu aux observations suivantes :

1° Dans l'espace de seize ans, la productions des fontes brutes, en France, a augmenté de 65 0/0;

2° Elle a augmenté de 390 0/0 en Allemagne et de 540 0/0 en Amérique!

3° Cette même production avait augmenté de 195 0/0 en Angleterre, entre 1867 et 1889, mais l'année 1893 fait ressortir une diminution de 18 0/0 sur 1889. C'est là un fait qui doit appeler l'attention; il devient évident que l'Allemagne d'un côté et l'Amérique de l'autre ont porté une certaine atteinte aux débouchés britanniques.

La production de *certains alliages métalliques* dans les hauts fourneaux est un des faits saillants révélés par l'Exposition de 1889. A la suite des Expositions de 1867 et 1878, où des études très complètes avaient été faites, ainsi que cela a été dit plus haut, sur l'incorporation, aux aciers, du manganèse, du silicium, du chrome, etc., un certain nombre d'usines s'attachèrent à produire dans le haut fourneau les alliages nécessaires pour les additions dans le four Martin.

Pendant longtemps on avait fabriqué le ferro-manganèse, soit au four Siemens-Martin, pour les teneurs jusqu'à 30 0/0 de manganèse, soit au creuset pour les teneurs jusqu'à 80 0/0. Les usines de Terrenoire avaient pratiqué, pendant un certain nombre d'années, ces deux procédés qui étaient extrêmement onéreux, il faut bien le reconnaître. On reconnaissait qu'il devenait indispensable d'obtenir ces alliages au haut fourneau.

L'amélioration considérable obtenue dans les appareils à air chaud précipita le mouvement, et l'usine de Montluçon-Four-

chambault paraît avoir pris l'initiative de la production des *ferro-manganèses riches* dans les hauts fourneaux; elle fut suivie de près dans cette voie par les hauts fourneaux de Saint-Louis et par ceux de Terrenoire. Cette dernière usine entra rapidement dans la voie de produire le *ferro-silicium*, puis vint le *ferro-chrome* produit dans les hauts fourneaux de Saint-Louis et par ceux du Boucau (Société Saint-Chamond).

Les Usines d'Unieux, *Jacob Holtzer et Cie*, qui avaient si largement contribué, pour leur part, à la création de cette métallurgie spéciale, produisaient également, au creuset, les divers alliages dont il vient d'être question.

Ces divers produits étaient très largement représentés aux Expositions de 1889 et 1894, par les *Hauts fourneaux de Saint-Louis*, dont la collection remarquable était aussi complète qu'on puisse le désirer; par l'usine du *Boucau*, par celle de *Saint-Jacques* (Commentry-Fourchambault) et aussi par *MM. Jacob Holtzer*. On a pu admirer à l'exposition de *Saint-Chamond* les remarquables échantillons de ferro-chrome, contenant jusqu'à *65 0/0 de chrome*. Il faut mentionner également la très complète exposition de fontes du Boucau, accompagnée des analyses des matières premières et des produits fabriqués.

Il faut ajouter, pour compléter ce qui est relatif aux fontes, que certaines usines de la Loire ont employé le *procédé Rollet* pour l'épuration des fontes, toutes les fois qu'elles ont eu à livrer des produits réclamant une pureté exceptionnelle au point de vue chimique.

Les usines de *Firminy* et de l'*Horme* présentaient à l'Exposition des fontes épurées par ce procédé.

B. — Fontes moulées. — Fontes malléables.

Nous retrouvons à l'Exposition de 1889 tous les noms antérieurement signalés au point de vue de la production des fontes moulées : *Capitain-Gény*, *Val d'Osne*, *Givors*, *Fumel*. L'usine *Cockerill* de Seraing, présentait également des moulages en fonte remarquables.

Pont-à-Mousson se montrait de nouveau sous l'aspect d'une usine en grand progrès, au point de vue de la fabrication des moulages en première fusion. Les tuyaux de conduite d'eau sont fabriqués dans cette usine dans des conditions de prix de revient très remarquables; la fabrication annuelle atteint *40 000 t* en

moulages de toutes sortes. Les tuyaux de conduite représentent une partie importante de ce total.

La fonderie *Chappée*, au Mans, vient ensuite comme établissement de grande importance, au point de vue de la *deuxième fusion.*

MM. de la Rochette et C^ie, à Givors, représentent, dans la région de Lyon, une fonderie dont la fabrication, première ou deuxième fusion, est très appréciée.

M. Piat, fondeur, à Paris présentait en 1889 et, à Lyon, en 1894, des moulages mécaniques d'une fabrication tout à fait parfaite, dont la réputation est assise depuis plusieurs années.

En ce qui concerne la *fonte malléable*, la situation s'est maintenue, en 1889 et 1894, ce qu'elle était en 1878 ; il faut dire, toutefois, que la fonderie des petites pièces d'acier gagne du terrain sur la fonte malléable.

C. — Pièces moulées en acier.

Entre 1878 et 1889, la fabrication des aciers moulés a pris une grande extension ; des ateliers spéciaux ont été organisés à Firminy, au Creusot, à Saint-Chamond, aux aciéries de Saint-Étienne, dans les usines Jacob Holtzer, Châtillon-Commentry, etc., etc.

Les usines de *Firminy* exposaient, en 1889 et 1894, une série de pièces moulées en acier tout à fait complète, et faisant ressortir, de la manière la plus évidente, que, dans cette industrie spéciale, toutes les difficultés ont été vaincues.

S'il s'agit des pièces *minces* de grandes dimensions, on peut signaler le piston à vapeur du *Lazare-Carnot* ou le bâti de machine du *Masséna ;* on pouvait encore remarquer, dans le même ordre d'idées, une aile d'hélice de grande dimension très bien venue.

Des collecteurs verticaux, pour chaudières multitubulaires méritaient également un examen sérieux.

Il faudrait signaler toutes les pièces pour rendre justice à cette fabrication.

Les *usines de Saint-Étienne* présentaient également un assortiment complet de pièces, parmi lesquelles il faut signaler l'ossature du gouvernail du navire le *Bouvines*, une *hélice* de grande dimension, très bien venue, un grand nombre de pièces de matériel de forges, griffes, engrenages, tablier à galets, etc.

Les usines de Saint-Étienne donnent quelques indications sur les résultats d'épreuves faites par les ingénieurs de la marine sur des barrettes prises dans les pièces montées, sans autres opérations que le recuit de la pièce elle-même.

Les essais par traction indiquent que le métal résiste entre 50 *kg* et 54,2 *kg*, avec des allongements variant de 15 à 21 0/0. Résultat remarquable pour de l'acier simplement coulé.

Les usines de *Châtillon-Commentry* exposaient également un nombre considérable de pièces destinées à toutes les industries, chemins de fer, matériel de mines, constructions navales, artillerie, agriculture, constructions mécaniques, etc.

L'usine d'*Imphy*, appartenant à la Société de *Commentry-Fourchambault*, a organisé une fabrication de moulages d'acier au creuset, fournissant principalement des roues de wagons de toutes dimensions et un grand nombre de petites pièces. Le tout très bien fabriqué.

L'usine d'Unieux, *Jacob Holtzer et C*^{ie}, paraît avoir le privilège de fabriquer des aciers moulés *extra-doux*, ce qui peut être expliqué par le procédé de fabrication au creuset.

On peut signaler, dans cette collection, une ancre dont la tige a subi le ployage à froid sans manifester aucune gerçure. A côté de pièces diverses très nombreuses, telles que, hélices, bâtis de torpilleurs, engrenages, manivelles, pistons, boîtes à graisse, on peut signaler toute une série de *petites pièces*, qui ne peuvent être obtenues que par la fusion au creuset.

Il faut répéter, en résumé, que cette industrie, à l'état naissant en 1878, se montrait dans la situation la plus florissante aux Expositions de 1889-94.

La *Société Saint-Chamond* présentait également une collection très complète d'aciers moulés, sous forme de grosses pièces coulées au four Siemens-Martin, et aussi des aciers moulés au creuset pour l'artillerie, obus et projectiles diverses, pièces de matériel agricole, etc., etc. Un grand nombre de pièces essayées à froid et à chaud présentaient des résistances remarquables et une absence complète de soufflures.

Le *procédé Robert*, pour la fabrication des moulages de petites dimension, faisait son apparition, à l'Exposition de 1878. Ce procédé consiste dans l'emploi d'un convertisseur de petite dimension dans lequel le vent est introduit dans des conditions spéciales, sensiblement différentes des dispositions employées dans l'appareil Bessemer.

La grosse question est de régulariser la marche de l'appareil, au point de vue de la qualité. Cette industrie fonctionne, à l'heure actuelle, très régulièrement, sous la direction de l'inventeur lui-même.

D. — Fers et aciers laminés en barres, tôles, etc.

Pendant la période qui s'était écoulée entre 1878 et 1889, la fabrication de l'acier avait pris un développement considérable ; l'introduction du four Siemens-Martin dans un grand nombre d'usines, avait rendu la production de l'acier possible, et même facile, sur toutes les parties du territoire ; ce qui était vrai pour la France était également applicable partout, l'installation d'une aciérie Siemens-Martin étant infiniment plus simple et moins coûteuse que celle d'une aciérie Bessemer.

D'autre part, le procédé Thomas Gilchrist avait déjà fait sentir son influence au moment où s'ouvrait l'Exposition de 1889, et il devenait intéressant de constater quelle était, à cette époque, dans le monde entier, la relation de production entre les deux métaux, fer et acier.

Voici les chiffres à la fin de l'année 1888 :

	Fer.	Acier.
France	819 000 *t*	518 000 *t*
Angleterre	2 064 000	3 359 000
Allemagne	1 664 000	1 981 000
Belgique	548 000	185 000
Autriche-Hongrie	366 000	290 000
Amérique	2 000 000	2 946 000
Divers pays	489 000	298 000
Russie	363 000	242 000
TOTAL	8 311 000	9 599 000

Ainsi donc, dans une période de moins de *vingt ans*, la production de l'acier fondu s'est élevée à près de *10 millions de tonnes*. On trouverait difficilement, dans une autre industrie, quelle qu'elle soit, un développement aussi rapide.

Les produits exposés au Champ-de-Mars, en 1889, et à Lyon, en 1894, vont nous donner quelques indications sur les divers emplois auxquels était appliquée cette production considérable de fer ou d'acier.

Les *usines du Nord* (France) avaient organisé au Champ-de-Mars, en 1889, une exposition collective qu'aucun des visiteurs compétents n'a sans doute oubliée. On y remarquait les produits de la Société de *Denain et Anzin* sous les formes les plus variées,

rails, barres, tôles de toutes dimensions et de toutes qualités; l'attention était particulièrement appelée sur les échantillons de *tôles en acier pour chaudières* d'une qualité très remarquable. La Société de Denain et Anzin indiquait un chiffre total de production annuelle de *110 000 à 120 000 t*, c'est là une énorme production.

Les *Aciéries du Nord et de l'Est* représentaient plus particulièrement l'*acier basique* et aussi l'acier *Siemens-Martin* à l'Exposition de 1889. Ces usines atteignent la production de *80 000 à 100 000 t* par an, sous forme de rails, bandages, blooms, billettes, etc., le tout fabriqué dans les meilleures conditions au point de vue économique. Un seul train produit, dans cette usine, paraît-il, jusqu'à *130 t de billettes dans douze heures*. C'est un chiffre énorme.

On trouvait, dans cette Exposition, des indications très intéressantes sur les manipulations à faire subir aux *scories basiques* pour les livrer à l'agriculture.

La Providence figurait dans la collectivité avec des échantillons variés de fers et aciers en barres et en tôles; les aciers proviennent de deux fours Siemens-Martin existant dans l'usine.

Les usines de *Vezin-Aulnoye*, *Ferrière-la-Grande*, *Gustave-Dumont*, *Montataire*, *Maubeuge*, occupaient, dans le pavillon du Nord, une place importante, où était brillamment représentée l'infinie variété de leurs produits.

M. Dorémieux ajoutait à cet ensemble une importante et intéressante exposition de chaînes, et complétait, de la manière la plus heureuse, cette intéressante collectivité.

Les forges de *Pompey* (Fould-Dupont) avaient formé avec leurs produits, à l'entrée de l'une des galeries de la classe 41, un portique d'entrée très réussi, que les visiteurs n'ont certainement pas oublié. La puissance de laminage était indiquée par un large plat de 500 *mm* de largeur, 9 *mm* d'épaisseur et 38,50 *m* de longueur. Une tôle de 20 m^2 sur 5 *mm* d'épaisseur donnait une nouvelle affirmation de cette puissance de laminage.

Disons enfin que la principale exposition des mines de Pompey consistait dans les 7 500 *t* de produits employés à la construction de la *Tour Eiffel*.

Les *Aciéries de Longwy* représentaient déjà, à l'Exposition de 1889, une puissance de production de *250 à 300 t d'acier basique par jour;* cette production s'accroît chaque jour, elle doit atteindre aujourd'hui plus de *130 000 t* dans l'année, ce qui représente 430 *t* par jour ouvrable.

Il faut ajouter qu'un développement d'un autre genre s'est

produit dans ces usines. Si l'on se reporte à 1889, on constate qu'une partie considérable des produits obtenus au convertisseur était vendue alors sous forme de lingots, blooms, billettes, pour être élaborée ailleurs.

A l'heure actuelle, les Aciéries de Longwy continuent bien à vendre des produits ébauchés, mais la quantité transformée dans l'usine elle-même atteint le chiffre de *90 000 à 100 000 t par an* sous forme de barres, rails, tôles, fils laminés, etc.

Ces usines produisent également des aciers au four Siemens-Martin, et livrent les produits à diverses industries et à la marine de l'État, sous forme de tôles, cornières et barres profilées donnant satisfaction à toutes les conditions d'épreuve.

Nous insistons particulièrement sur ce qui est relatif à ces usines du département de Meurthe-et-Moselle ; c'est un fait important que le développement de cette région dans la voie de la fabrication de l'acier de toutes les qualités ; il est permis de prévoir que, dans un avenir peu éloigné, ce développement aura vraisemblablement les plus sérieuses conséquences au point de vue de l'équilibre général entre les diverses régions métallurgiques de la France.

MM. de Wendel, propriétaires des usines de Hayange, etc., aujourd'hui en Allemagne, possèdent, d'autre part, à l'heure actuelle une puissante fabrication d'acier en *Meurthe-et-Moselle*. Nous ne croyons pas avoir vu figurer ces usines au Champ-de-Mars en 1889, et les renseignements précis nous manquent sur leur consistance ; disons seulement que ces messieurs n'ont pas voulu abandonner la France, où ils avaient acquis, avant 1870, une situation prépondérante.

Il y a lieu de signaler encore les usines de *Gorcy*, dont M. Labbé a été le fondateur, situées dans le voisinage de la frontière belge, usine de laminage et de transformations diverses, fonderie et ateliers de construction, et aussi de *MM. Gouvy*, fabricants d'aciers naturels, d'aciers puddlés et d'aciers corroyés, anciennes usines qui ont su vivre en conservant la qualité de leurs produits.

Les usines de *Franche-Comté*, usines très diverses réunies en une seule Société. La principale usine est celle de *Fraisans*, où existait il y a un certain nombre d'années une production de fonte avec les minerais phosphoreux d'*Ougney*, situés dans la région. Cette usine emploie aujourd'hui une quantité assez considérable de matières premières provenant de Longwy.

Les usines de la *Champagne* et des *Ardennes* ont été autrefois

un centre important de production de fontes, transformées en fer par le puddlage et laminées ensuite.

A l'heure actuelle, la fabrication des fontes est réduite à quelques hauts fourneaux, notamment à Marnaval, Bronsseval, Manois, etc. Les matières premières viennent principalement de Longwy, soit sous forme de fontes, soit à l'état de lingots, blooms, billettes, etc. Le *puddlage* a cependant gardé une certaine activité et le laminage est resté, dans cette contrée, une industrie pratiquée dans les meilleures conditions. On pouvait remarquer et examiner avec intérêt, à l'Exposition de 1889, les produits des usines d'*Eurville*, *Manois*, *Rimaucourt*, *Clos-Mortier*, etc.

Les usines de *Commentry-Fourchambault* qui doivent compter parmi les plus anciennes usines de France, apparaissaient à l'Exposition de 1889 avec tous les produits en fer dont la réputation est faite depuis longtemps, auxquels il a été ajouté, dans ces dernières années, une fabrication d'acier Siemens-Martin. Cette usine a organisé une fabrication de petits ronds, *machine*, en acier Martin avec un laminoir spécial dont le fonctionnement donne d'excellents résultats.

La Société de Fourchambault a récemment entrepris de faire revivre l'industrie métallurgique à l'usine de *Decazeville* (Aveyron); la fabrication du fer sera reprise sur de nouvelles bases, et on mettra prochainement en marche une production d'acier par le procédé Siemens-Martin.

L'usine du *Creusot* n'avait point organisé d'exposition métallurgique en 1889. C'est une lacune que nous regrettons d'être obligé de constater.

La Société de *Châtillon-Commentry* donnait, en 1889, des renseignements intéressants sur les diverses fabrications pratiquées dans les nombreuses usines qu'elle possède, et notamment sur une fabrication de fils et câbles métalliques. De nombreux résultats d'épreuves sont fournis par les diverses publications distribuées par cette Société; nous ne saurions reproduire ici tous ces renseignements, disons seulement, en ce qui concerne les fils, que les résistances obtenues varient, suivant les qualités et les emplois auxquels ces fils sont destinés, *65 kg à 225 kg par millimètre carré.*

Nous mentionnons pour mémoire les échantillons de laminage de la Société de Châtillon-Commentry. Depuis longues années cette Société est classée au premier rang parmi les lamineurs.

Les usines de *Saint-Chamond et C*^{ie} présentaient, en 1889, une

collection des plus complètes et tout à fait instructive des éléments relatifs à la production des fers et des aciers.

Nous ne saurions reproduire ici, en détail, toutes les indications fournies par la brochure donnant le programme des produits exposés; nous donnons seulement les renseignements qui nous paraissent plus particulièrement intéressants.

Les matières premières servant à la fabrication de l'acier donnent, au point de vue de l'analyse chimique, les résultats suivants :

	C.	Si.	Mn.	S.	Ph.
1° Fer puddlé extra-dur.	0,180	traces	traces	0,008	0,010
2° Fonte extra-pure . .	2,750	traces	3,300	0,003	0,007
3° Fonte spéciale . . .	3,500	0,030	0,100	0,004	0,065
4° Fonte blanche fine .	3 »	0,500	3 »	0,025	0,060
5° Fonte grise fine. . .	3,500	1,300	3,500	0,025	0,065
6° Fonte fine mangan.	4,500	traces	6 »	0,025	0,060

7° Ferro-manganèse Saint-Louis, 85 0/0 manganèse;
8° Siloco spiegel Saint-Louis, 12 0/0 Si, 15 à 20 0/0 Mn;
9° Ferro-silicium Saint-Louis, 12 0/0 Si, 3 à 4 0/0 Mn;
10° Ferro-chrome Boucau, de 38 à 50 0/0 de chrome.

Les échantillons n^os 1 et 2 sont les matières premières spécialement employées pour acier à canon.

Les échantillons n^os 3, 4, 5, 6, correspondent aux aciers pour bandages supérieurs, mécanismes pour fusil, essieux, pièces de forge, etc.

Les alliages n^os 7, 8, 9, 10 sont destinés aux additions finales dans le four Siemens-Martin, pour donner aux aciers les qualités variées qu'on se propose d'obtenir.

Les matières premières destinées au puddlage sont indiquées, avec leur composition chimique, dans le tableau suivant :

	C.	Si.	Mn.	S.	Ph.
Fonte fine au bois, grise et truitée.	3,650	0,932	1,420	0,015	0,070
Fonte au coke épurée . .	3,500	0,800	1,300	0,001	0,070
Fonte fine au coke . . .	3,600	1,400	1,600	0,030	0,070
Fonte mi-fine	3,300	0,400	1,500	0,250	0,400

Ces fontes de qualités diverses sont mélangées dans le four à puddler suivant les qualités que l'on veut obtenir; l'usine indiquait, dans un tableau spécial, la composition moyenne des divers mélanges, au point de vue chimique, et donnait aussi des indica-

tions précises sur ce que les fers puddlés contenaient de soufre et de phosphore. Voici cet intéressant tableau :

	COMPOSITION APPROXIMATIVE DU MÉLANGE				RESTE DANS LE FER PUDDLÉ	
	Si	Mn	S	Ph	S	Ph
Fer puddlé n° 3. . . .	0,400	»	0,600	0,250	0.090	0,150
— n° 4. . . .	0,500	2,100	0,200	0,350	0,030	0,090
— n° 5. . . .	0,550	2,500	0,130	0,200	0,018	0,090
— n° 6. . . .	0,900	2,300	0,020	0,120	8,015	0,035
— n° 7. . . .	0,950	2,500	0,020	0,120	0,010	0,030
— n° 8 MS. .	1,000	1,500	0,015	0,060	0,010	0,030
— n° 8 Toga .	0,800	1,600	0,030	0,060	0,008	0,035

Le but étant, dans cette opération du puddlage, d'éliminer, autant que possible, le soufre et le phosphore qui sont les éléments nuisibles à la qualité, on peut voir, par ce tableau, dans quelle proportion considérable l'élimination a lieu.

L'usine de Saint-Chamond donne également de nombreux renseignements sur les conditions de résistance et d'allongement des divers produits exposés : bandages, essieux, canons, etc. Nous nous proposons de donner, dans la suite de ce travail, un tableau d'ensemble de tout ce qui est relatif aux essais mécaniques pratiqués sur les aciers des diverses compositions chimiques ; c'est donc un point sur lequel nous aurons occasion de revenir ultérieurement.

Mentionnons, comme produits pouvant donner une idée de la puissance de laminage des usines, des tôles de :

2 750 + 10 000 + 16 *mm* en fer,
1 800 + 14 000 + 16 *mm* en acier,
1 200 + 6 000 + 1 *mm* en acier doux,

une barre T de 500 *mm* de hauteur sur 18 *m* de longueur, et tout un assortiment de spécimens de barres à T, jusqu'à la hauteur de 750 *mm*.

La nomenclature restreinte, sur laquelle nous venons de nous arrêter un instant, ne saurait donner une idée suffisante de cette exposition si complète des usines de Saint-Chamond, en 1889, à Paris, et se reproduisant très sensiblement sur les mêmes bases, en 1894, à Lyon.

Les usines *de Firminy* livrent au commerce et à l'industrie des

fers fins de qualités diverses et des aciers laminés dont les classifications étaient indiquées en grand détail par des notices spéciales, et dont on pouvait voir les échantillons aux Expositions de 1889 et de 1894.

Pour *les fers*, l'usine produit quatre qualités pour chacune desquelles il existe plusieurs nuances de dureté; voici cette classification des fers :

Mines de Firminy. — Classification des fers.

MARQUES ET QUALITÉS	NUMÉROS	RÉSISTANCE EN KILOGRAMMES par millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0
A, fers fins supérieurs	n° 1, doux	30	28
	2, mi-dur	35	26
	3, dur	40	20
B, fers fins	n° 1, doux	30	26
	2, mi-dur	35	22
	3, dur	38	18
M, fers mixtes	n° 1, doux	28	25
	2, mi-dur	35	22
O, fers spéciaux	n° 1, doux	28	22
	2, mi-dur	34	18

Chacune des qualités et des nuances de dureté est destinée à des applications spéciales, qui étaient représentées par des pièces fabriquées, aux Expositions de 1889, à Paris, et de 1894, à Lyon.

Les différentes qualités correspondent à des nécessités de travail à chaud, forgeage, laminage, etc. Les numéros de dureté sont des indications relatives à la nature du travail que les pièces fabriquées doivent avoir à supporter.

On remarquera que les résistances par millimètre carré et les allongements varient dans des limites bien moins étendues pour les fers que pour les aciers. C'est, qu'en effet, *le métal fer* est bien moins parfait, au point de vue de l'état moléculaire, que *le métal acier;* il faut ajouter que, pour ce dernier métal, obtenu par fusion, on peut faire varier, dans de larges proportions, la composition chimique, et obtenir ainsi des variétés de propriétés que le fer ne comporte en aucune manière.

Il en résulte que la classification des aciers donnée par la même usine de Firminy, présente des différences considérables, comparativement à celle des fers, ainsi qu'on en pourra juger par le tableau que voici :

Classification des aciers. — Usines de Firminy.

NUMÉROS DE DURETÉ	RÉSISTANCE EN KILOGRAMMES par millimètre carré	ALLONGEMENT 0/0	TENEUR EN CARBONE 0/0
1. Extra-dur	90 à 110	5 à 10	0,80 à 1,20
2. Très dur.	95 à 90	10 à 15	0,90 à 0,80
3. Dur	65 à 95	15 à 18	0,60 à 0,90
4. Demi-dur	55 à 65	18 à 22	0,40 à 0,60
5. Doux.	48 à 55	22 à 24	0,30 à 0,40
6. Très doux	40 à 48	24 à 30	0,15 à 0,30
7. Extra-doux.	35 à 40	30 à 35	0,05 à 0,15

Chacun de ces numéros de dureté peut s'appliquer à diverses qualités de produits divisés en quatre catégories, A, B, D et T, suivant les matières premières employées, et aussi suivant les usages auxquels les aciers sont destinés. On trouvera, dans les notices fournies par les usines de Firminy aux Expositions de 1889 et 1894, tous les détails sur l'emploi de ces aciers, détails qui ne sauraient trouver place dans le présent travail.

Les usines de *Saint-Étienne* avaient donné à Paris, en 1889, et à Lyon, en 1894, des indications très détaillées et très précises sur leur importante fabrication de tôles, soit en fer, soit en acier ; nous trouvons, dans la notice publiée par cette Société, en 1894, les renseignements suivants sur la quantité fabriquée pendant l'année 1893 :

Tôles en fer.	7 348 *t*
Tôles en acier pour construction. . .	5 220
Tôles en acier pour chaudières . . .	2 345
Longerons et tôles diverses.	745
Blindages et tourelles.	1 298
TOTAL.	16 956 *t*

On remarquera que la tôle en fer représentait encore, à cette époque, une quantité considérable, 50 0/0 environ de la fabrication totale. La plus grande partie des *7348 t* de tôles en fer

était destinée à la construction des chaudières; beaucoup de propriétaires de machines à vapeur considèrent encore, à l'heure actuelle, que le fer donne plus de sécurité que l'acier pour la construction des chaudières.

Cette préoccupation provient en grande partie de ce fait que, dans les débuts de la fabrication de l'acier, on a construit des chaudières avec des tôles d'acier d'une dureté exagérée, et qu'il en est résulté de notables inconvénients.

Les idées ont subi, dans ces dernières années, de notables modifications sur l'application des tôles d'acier aux chaudières, et il est probable qu'on arrivera, dans un délai assez court, à reconnaître la supériorité *des tôles en métal fondu extra-doux*.

Les usines de Saint-Étienne donnaient à Lyon, en 1894, des indications très intéressantes sur les matières premières appliquées aux diverses fabrications; on pouvait, notamment, étudier une série d'échantillons très curieux de fers puddlés à grain et à nerf, et d'aciers puddlés de diverses duretés, ainsi que toutes les transformations moléculaires déterminées par la trempe.

Cette Société avait également exposé, en 1889, des agglomérés comprimés de résidus de la fabrication de l'acide sulfurique, destiné à la fabrication de la fonte. L'emploi de ces matières, dont l'initiative avait été prise par les usines de Terrenoire, est un fait métallurgique intéressant, absolument passé aujourd'hui dans la pratique courante.

La fabrication des bandages de qualité supérieure, pour locomotives et tenders, est également une spécialité des usines de Saint-Étienne. La notice publiée en 1894 fournissait des renseignements précis sur les essais de contrôle pratiqués par les Compagnies de chemins de fer; nous donnerons quelques-uns des résultats obtenus dans un chapitre spécial de ce travail, où l'on trouvera également de nombreux et intéressants détails sur les diverses études faites par cette usine dans ces dernières années.

L'usine d'*Hennebont* (Morbihan) pratique la fabrication de l'acier au four Siémens-Martin, *par le procédé basique*, avec sole de *magnésie*. Toute cette fabrication d'acier doux est transformée en fer blanc; on pouvait voir, à l'Exposition de 1889, des échantillons de lingots, et le fer blanc qui en résultait.

L'usine d'*Allevard* nous paraît mériter une mention particulière. Située à proximité d'un gisement important de minerai carbonaté spathique, exploité aujourd'hui par MM. Schneider et Cie, du

Creusot, elle se trouve, en même temps, dans le voisinage du *Bréda*, torrent représentant une force motrice considérable. Tout le matériel de l'usine, sans aucune exception, est mis en mouvement par cette force motrice ; les volants des trains de laminoirs sont attaqués directement par la force hydraulique, et les marteaux-pilons, eux-mêmes, utilisent cette même force motrice par l'intermédiaire d'un compresseur d'air.

L'usine d'Allevard a appliqué, depuis un certain nombre d'années, le four Martin-Siemens à la fabrication des aciers, et cette application y a été faite dans des conditions qui méritent d'appeler l'attention.

Dans le but de n'altérer en aucune manière la qualité des produits provenant d'un minerai d'une grande dureté, la direction de l'usine a pris la résolution absolue de n'introduire dans les dosages aucune matière étrangère. Il en est résulté la nécessité d'alimenter les fours Siemens-Martin uniquement avec des fontes de l'usine, plus la petite quantité de rognures provenant de la fabrication, quantité insuffisante pour opérer l'affinage de la fonte.

Il a donc fallu, pour obtenir la décarburation, employer le minerai d'Allevard, et pratiquer ainsi l'*ore-process*, à peu près inconnu en France jusqu'à ce jour.

Ce procédé a été employé en Angleterre ; M. Pourcel, l'un de nos collègues, a fait, à ce sujet, une communication intéressante à la Société ; mais nous pensons, qu'en France, l'usine d'Allevard est la seule qui ait pratiqué avec continuité cette méthode pour produire, au four Martin, des aciers classés au premier rang, au point de vue de la qualité.

On a pu voir, à l'Exposition de 1889, des produits intéressants provenant de cette usine ; nous signalons plus particulièrement les aciers pour bandages, les ressorts de chemins de fer, et les aciers pour outils sous diverses formes.

La Compagnie des chemins de fer de la Méditerranée classe au premier rang les bandages fabriqués avec les aciers d'Allevard ; elle les emploie spécialement pour les locomotives et tenders destinés aux trains à grande vitesse.

En ce qui concerne les ressorts, on pouvait voir à l'Exposition de 1889 deux de ces lames ayant donné aux épreuves de réception un allongement élastique de plus de *huit millièmes* (0,008 *m*), dépassant ainsi, de beaucoup la limite classique, jusqu'à cette époque, de *cinq millièmes*.

Une particularité de ces lames de ressort nous paraît mériter

l'attention des spécialistes, en ce qui concerne le point de vue, si complexe et si délicat, de la constitution moléculaire de la matière. On pouvait constater, à l'Exposition de 1889, que ces lames minces de 90×12 *mm*, soumises à des chocs violents et répétés, présentent à la rupture un *nerf allongé, très soyeux*, ne ressemblant en rien à la texture habituelle de l'acier, que l'on est habitué à voir sous l'aspect du grain le mieux caractérisé, plus ou moins fin suivant la qualité.

Ce fait a donné lieu à bien des discussions parmi les spécialistes; c'est précisément pour cette raison que nous avons jugé utile d'y insister ici.

Voici, pour notre part, comment nous l'expliquons : ces lames sont obtenues avec des lingots dont la section est d'environ *484 cm²* (22×22 *cm*); nous avons vu que la section des barres de ressorts soumises à l'épreuve est de *11 cm²* environ (90 *mm* $\times$ 90 *mm*); c'est-à-dire que, par le laminage, la section est réduite dans la proportion de *quarante-quatre à un*, ou, si l'on veut exprimer le fait sous une autre forme, qu'un lingot d'*un mètre* de longueur produit une barre de *44 m.*

Il faut ajouter que cet acier *est dur*, que les lingots sont presque *sans soufflures*, que la température du chauffage ne dépasse guère le *rouge cerise un peu clair ;* si l'on tient compte de toutes ces circonstances, on reconnaîtra que le *travail mécanique* supporté par le métal laminé dans ces conditions est énorme, et que la résistance à la rupture en est augmentée dans une très large proportion.

Il faut ajouter que si, avant rupture, on fait subir aux barres une légère incision superficielle, cette rupture est obtenue alors avec la plus grande facilité, et que l'on retrouve la cassure à grain fin d'un acier de très bonne qualité.

Ce fait, assez peu connu, nous a paru devoir être exposé avec les quelques explications qui précèdent ; nous ne l'avons vu dans aucune usine se manifester dans des conditions aussi saisissables que dans les forges d'Allevard, et, nous le répétons, il a donné lieu, au point de vue purement technique, à des divergences d'appréciation bien naturelles d'ailleurs.

La *Société métallurgique de l'Ariège* présentait à l'Exposition de 1889 des fers fins et aciers de toutes qualités : moulage d'acier, pièces diverses pour l'artillerie. Cette usine possède des minerais spéciaux de bonne qualité, et produit les fontes nécessaires à sa fabrication. Production totale *10 000 t* par an environ.

Les usines de *Bessèges et Tamaris*, dans le département du Gard, étaient assez largement représentées à Lyon en 1894. L'usine de Tamaris, près Alais, est située auprès des matières premières, minerais de fer et houilles, et peut produire dans de bonnes conditions; c'est une des plus anciennes usines de France, dont les produits sont principalement connus dans le Midi, à partir de Lyon et jusqu'à Bordeaux.

Depuis bien des années déjà, les usines de Tamaris ont suivi le courant général, et ont introduit dans les hauts fourneaux des minerais de qualité supérieure, provenant des Pyrénées : on peut donc obtenir, dans ces usines, des produits de toutes les qualités, pour le commerce et pour l'industrie.

La fabrication de l'acier au four Siemens-Martin y a été introduite il y a environ quinze ans; on y a appliqué, dans ces dernières années *la sole neutre au chrome*, inventée par nos collègues, *MM. Valton et Rémaury*. Les aciers obtenus par ce procédé sont de bonne qualité, ils étaient très convenablement représentés à Paris, en 1889 et à Lyon, en 1894.

La production des usines de Tamaris a été, en 1894 de :

25 364 *t* de fontes;
17 758 *t* de fers et aciers;

Plus environ 1 800 *t* de pièces en fonte, et des produits d'ateliers pour une somme d'environ 350 000 *f*.

L'usine de *Bessèges* produit principalement les rails d'acier par le procédé Bessemer; ces rails sont de qualité supérieure, et livrés à peu près exclusivement à la Compagnie des chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée.

Cette usine emploie quelques minerais de la région, et surtout les minerais de qualité supérieure des Pyrénées ou de l'Algérie. La production de fonte est d'environ 25 000 *t* par an; cette fonte est, pour la plus grande partie, introduite directement dans le convertisseur Bessemer.

On y pratique également la production de l'acier par le procédé Siemens-Martin. Les produits de cette fabrication sont principalement appliqués aux accessoires de chemins de fer, éclisses, boulons, tirefonds, traverses, et aussi aux barres profilées pour planchers, en remplacement du fer qui perd beaucoup de terrain pour cet emploi spécial.

La quantité de produits laminés annuellement à l'usine de Bessèges atteint le chiffre de 25 000 à 26 000 *t*.

E. — Aciers pour outils. — Ressorts fils d'acier.

La fabrication des *aciers pour outils* a pris une très grande extension pendant les dernières années. Presque toutes les grandes usines ont abordé la solution de ce problème dont la difficulté est incontestable, et il faut constater que, partout, on est arrivé à des résultats satisfaisants, et quelquefois très remarquables. MM. *Holtzer et C^ie^ à Unieux* occupent incontestablement le premier rang dans cette fabrication d'acier pour outils; il est à peine besoin d'insister sur les produits exposés par cette Société en 1889 et en 1894, où l'on pouvait trouver des aciers de toutes les duretés et de toutes les compositions chimiques, carbone, manganèse, silicium, chrome, tungstène, nickel, etc.

Société de Saint-Chamond. C'est principalement à l'usine d'*Assailly* que sont fabriqués les aciers pour outils, parce que là est le siège de la fonderie d'acier au *creuset.*

Les produits provenant de l'usine d'Assailly sont les suivants :

Aciers au creuset de toutes sortes;
Aciers naturels, aciers corroyés;
Aciers Bessemer et aciers Martin en barres;
Tôles minces en acier au creuset et Bessemer;
Ressorts.

Nous ne saurions avoir la pensée de reproduire ici la nomenclature complète des échantillons exposés; disons seulement qu'il importe de signaler certains échantillons d'acier au *chrome* et au *tungstène*, plus particulièrement applicables au travail des métaux très durs.

Les *ressorts* sont également représentés par une très remarquable collection d'échantillons.

Ressorts au *wolfram*, donnant, après trempe et recuit, un allongement élastique de 0,0075 *m.*

Ressorts de choc et de traction pour voitures, wagons, locomotives, *ressorts de suspension* pour locomotives, tenders, et ressorts de soupapes, de parachute, de marteau, etc. En un mot, toute la variété de ressorts connus et appliqués aux diverses industries.

Les usines de *Firminy* présentaient également, à Paris, en 1889, et à Lyon, en 1894, une nombreuse collection d'échantillons d'acier au creuset pour outils.

La fabrication des ressorts pour carrosserie et pour chemins de

fer est pratiquée depuis bien des années à l'usine de Firminy. La production atteint le chiffre de 300 à 350 *t* par mois, ce qui est considérable. La notice remise par la Société aux visiteurs de l'Exposition de 1889, contenait une nomenclature très complète de tous les types de ressorts fabriqués par l'usine, en aciers au wolfram, acier au creuset qualité supérieure, acier qualité ordinaire et ressorts en spirale de diverses qualités.

La fabrication des enclumes et des essieux constitue également une spécialité des usines de Firminy.

L'usine de Firminy a organisé avec un grand succès une fabrication de *machine* et de *fils* en acier dont la qualité est très appréciée. Les fils soumis à des essais de traction donnent les résistances suivantes :

165 à 180	*kg*	par millimètre carré	pour la qualité supérieure.
150 à 165	—	—	qualité n° 1.
130 à 150	—	—	qualité n° 2.
116 à 130	—	—	qualité n° 3.
100 à 115	—	—	qualité n° 4.
75 à 90	—	—	qualité n° 5.
60 à 95	—	—	qualité n° 6.

Des essais de *flexion* sont également pratiqués : le n° 14 (2,2 *mm*) supporte de 20 à 28 flexions (aller et retour) suivant les qualités.

Les fils pour cordes de pianos, restés pendant bien longtemps le monopole de l'étranger, sont devenus fabrication courante à Firminy.

Il faut constater que toutes ces fabrications spéciales ont reçu à Firminy une impulsion très remarquable depuis un certain nombre d'années.

Les forges de *Châtillon-Commentry* ont également organisé à l'usine de Saint-Jacques (Montluçon) une fabrication d'aciers à outils dont la nomenclature comprend les divisions suivantes : acier chromé, acier extra-supérieur, acier supérieur, acier fin, acier fin 1re qualité, aciers corroyés, acier cémenté, aciers ordinaires; ces derniers aciers divisés en *sept numéros de dureté*.

Ces usines pratiquaient, depuis de longues années, le tréfilage du fer. Elles ont appliqué, dans ces dernières années, cette même industrie à l'acier, et à l'heure actuelle cette Société produit non seulement des fils, mais encore des câbles, à destination des exploitations minières, et aussi de la marine.

Cette fabrication était représentée par des échantillons très

variés à l'Exposition de 1889, et la Société avait distribué une notice des plus complètes et véritablement intéressante sur cette question des fils et des câbles.

Il nous serait impossible de reproduire ici tous les détails de cette exposition spéciale; nous croyons utile toutefois de donner le tableau des résistances constatées sur les fils avant et après câblage.

INDICATION DES CATÉGORIES	RÉSISTANCE DES FILS PAR MILLIMÈTRE CARRÉ		RÉSISTANCE MOYENNE ADMISE DANS LE CALCUL	ESSAIS AU PLIAGE	
	AVANT CABLAGE	APRÈS CABLAGE		FIL N° 12	FIL N° 13
	kg	*kg*			
1. Métal doux	65 à 95	55 à 65	60	19	14
2. Qualité ordinaire.	85 à 95	95 à 85	80	19	14
3. Grande résistance	130 à 140	115 à 125	120	20	18
4. Supérieure	150 à 160	135 à 145	140	24	21
5. Extra-supérieure	210 à 225	195 à 205	200	30	23

Les essais de pliage sont pratiqués entre mâchoires arrondies de 10 *mm* de rayon. Les chiffres indiqués comme résistance à la traction sont incontestablement remarquables, et si, pendant un certain nombre d'années, l'industrie étrangère a devancé la nôtre, au point de vue de la fabrication des fils et câbles, il est permis d'affirmer aujourd'hui que l'industrie française est passée au premier rang.

Les chiffres ci-dessus font ressortir, ainsi que ceux signalés plus haut, relativement aux usines de Firminy, combien est considérable l'influence du travail mécanique au point de vue de la résistance du métal. Si l'on admet, pour un instant, que les aciers supérieurs, soumis au tréfilage, présentent, à l'état de barrettes, une résistance de *80 kg* au maximum, par millimètre carré, on constate que l'opération du tréfilage les amène à une résistance de 210 à 225 *kg*; c'est bien là un résultat analogue à celui que nous avons constaté pour les ressorts d'Allevard.

Il faut ajouter que les usines de Châtillon-Commentry ont également abordé la fabrication des cordes de piano, complétant ainsi la série industrielle pour ce qui est relatif aux fils.

F. — Roues. — Tubes soudés. — Tubes sans soudure.

Certains produits spéciaux nous paraissent devoir être mentionnés dans cette revue rapide de l'industrie métallurgique du fer et de l'acier.

Les *roues forgées*, pour wagons, tenders, locomotives, etc., doivent être signalées en première ligne, parmi ces produits dérivés de la grosse industrie métallurgique.

Cette fabrication, entreprise il y a bien des années, par MM. Desflassieux, devint rapidement une fabrication courante, sous la direction de la Société Arbel-Desflassieux et Cie. Depuis un certain nombre d'années, les intéressés opèrent dans des usines séparées, et l'on a dû constater, aux dernières Expositions universelles, les progrès notables réalisés dans cette fabrication, à laquelle on a appliqué le marteau-pilon dans des conditions extrêmement remarquables.

Grâce à une préparation très intelligente de la matière première, on est arrivé à obtenir, en quelques coups de pilon, des roues d'un diamètre considérable, et d'une grande légèreté de formes, qui n'exclut en rien la solidité.

On a dû constater aux dernières Expositions, que l'on est arrivé ainsi à obtenir des produits des formes les plus diverses, répondant à tous les besoins des chemins de fer et de l'industrie.

Ces produits sont obtenus aujourd'hui dans plusieurs usines, parmi lesquelles nous devons signaler : MM. Arbel frères et Cie, les fils du regretté Lucien Arbel, qui a pris, chacun le sait, une part considérable aux progrès réalisés dans cette fabrication; MM. Desflassieux, qui ont également pratiqué cette industrie avec une grande persévérance et un réel succès; la Société des Forges de Saint-Chamond, etc.

La fabrication des *tubes soudés* a été pratiquée depuis bien des années, à Montluçon, par MM. Mignon, Ronart et Cie; on a pu apprécier d'après les spécimens soumis au public dans les diverses expositions, que de très grands progrès ont été réalisés dans cette fabrication; on a dû augmenter notablement les diamètres et les longueurs des tubes obtenus; la soudure est plus parfaite et la matière employée a été d'une qualité supérieure.

Une fabrication du même genre a été organisée, dans ces dernières années, par la Société *Escaut et Meuse*, à Valenciennes; les tubes fabriqués dans cette usine sont en *acier doux soudable*, obtenu

au four Siemens-Martin dans des conditions tout à fait spéciales. Notre collègue, M. Lencauchey, a contribué pour une large part à l'installation des fours employés dans cette usine; il a fait à ce sujet une intéressante communication à la Société des Ingénieurs Civils.

Les tubes *sans soudure* ont été, jusqu'à ce jour, fabriqués en acier par la Société des Métaux, autrefois Laveissière et Cie. Personne n'a oublié les expositions fort intéressantes organisées par cette Société, soit en 1878, soit en 1889; il faut dire, toutefois, que les tubes en cuivre ou en laiton, constituaient, beaucoup plus que les tubes en acier, la partie importante de ces exhibitions.

Il est cependant important de constater que la Société des Métaux a réalisé, à son usine de Givet, une fabrication de tubes en acier dont le fonctionnement est remarquable, en ce qui concerne les tubes de petite dimension appliqués principalement à la construction des vélocipèdes.

M. Brunon de Rive-de-Gier, a également entrepris cette fabrication de tubes, principalement à destination des vélocipèdes.

Rien d'important n'a encore été fait en France, en ce qui concerne les tubes sans soudure en acier, d'un diamètre supérieur à 60 *mm.*

Il faut dire, cependant, que, sous une forme spéciale, le Ministère de la Guerre avait amené un développement considérable dans la fabrication de pièces tubulaires, lorsque furent créées les *obus à mélinite.*

Personne n'a oublié, sans doute, combien était importante, à l'Exposition de 1889, la place occupée par cette remarquable création de l'industrie française, sous la direction de l'artillerie.

Presque toutes les grandes usines françaises, Saint-Chamond, MM. Arbel frères, la Société des Métaux, MM. Brunon, avaient mis en évidence des types remarquables de cette fabrication, réellement difficile à pratiquer couramment, aussi bien par suite de la précision qui était exigée dans les dimensions, que par la qualité exceptionnelle qui était demandée à la matière.

Une barrette détachée dans la pièce finie devait pouvoir résister à un effort de traction de *90 kg* par millimètre carré, tout en prenant un allongement sous charge de *12 0/0;* ces conditions de réception supposent un acier de qualité tout à fait supérieure.

A l'heure actuelle, cette fabrication est concentrée dans un atelier spécial installé à l'arsenal de Lyon, dans lequel on obtient des résultats très remarquables en ce qui concerne la production

des obus à grande capacité. Nous croyons devoir signaler d'une manière toute spéciale la fabrication des obus de 27 *cm* de diamètre, dont le fond et toute la partie ogivo-cylindrique forment une seule et même pièce, le fond ayant une épaisseur de 25 à 30 *mm*, alors que celle des parois ne dépasse pas 10 à 12 *mm*. Ce résultat est obtenu avec un disque en acier de 60 *cm* d'épaisseur; cet acier doit être de qualité tout à fait supérieure.

G. — Artillerie. — Projectiles. — Blindages. Grosses pièces forgées.

Les Expositions de 1889 et 1894 nous ont fourni une nouvelle occasion de constater que, depuis 1878, toutes les fabrications touchant à la Défense nationale ont réalisé de nouveaux progrès, et nous croyons pouvoir affirmer aujourd'hui que les Ministères de la Guerre et de la Marine ont trouvé dans notre industrie nationale du fer et de l'acier un puissant auxiliaire, en état de donner satisfaction à toutes les exigences de la situation, tant pour le présent que pour toutes les éventualités que pourrait réserver l'avenir.

Les progrès de l'artillerie dans les diverses nations européennes ne sont aujourd'hui un mystère pour personne.

La Société des Ingénieurs Civils a entendu sur ce sujet, dans le cours de l'année dernière, des communications fort intéressantes de l'un de ses membres, M. Merveilleux-Duvignaux, qui, tout en donnant des détails très intéressants sur les progrès réalisés par l'artillerie Canet, a démontré comment toutes les idées se sont enchaînées en vue d'obtenir le maximum d'effet utile de ce puissant outil qu'on appelle le canon.

Progrès dans la fabrication des poudres et dans les dispositions relatives aux cartouches, augmentation considérable de la longueur des canons, améliorations très ingénieuses dans tous les détails de la fermeture et dans tout ce qui est relatif aux conditions du tir; tous ces progrès auraient été singulièrement entravés si les fabricants d'acier n'avaient su obtenir les qualités du métal nécessaires pour résister aux efforts croissants qu'il a fallu demander au canon pour passer d'une vitesse initiale de 400 à 450 *m* par seconde, pratiquée pendant bien des années, à celle de 800 *m* à laquelle on arrive couramment aujourd'hui, et même, exceptionnellement, à 1 000 *m*; ainsi que l'a expliqué M. Merveilleux-Duvignaux.

Non seulement les progrès de qualité ont été indispensables, mais il a fallu surmonter encore les difficultés de fabrication qui ont été considérablement augmentées; à poids égal, un tube de canon d'une grande longueur est bien plus difficile à fabriquer que lorsqu'il s'agit de dimensions moyennes; et si, d'autre part, on constate que ces pièces, d'une longueur démesurée, doivent être tournées et ajustées avec une grande précision, qu'il faut les tremper à l'huile verticalement, que le moindre gauchissement est un mal presque sans remède, on reconnaîtra que le problème est d'une solution difficile.

Ajoutons que, toutes ces opérations étant terminées et réussies, non sans peine, le contrôle de l'artillerie prélèvera, sur la pièce elle-même, un échantillon qui doit résister à de rigoureux essais réglementaires, sous peine de rebut, et l'on devra bien reconnaître que, pour entreprendre de semblables fabrications, il faut être arrivé à la certitude absolue, en ce qui concerne la qualité du métal.

Les observations que nous venons de présenter, en ce qui concerne la fabrication des canons, sont *a fortiori* applicables aux projectiles. L'augmentation de la puissance du canon a pour unique objet la destruction d'obstacles plus résistants, et, notamment, en ce qui concerne l'artillerie de marine, d'arriver à la perforation de plaques plus épaisses.

Si l'on veut mesurer par des chiffres le chemin parcouru dans cette voie, depuis 1870, et si l'on se reporte aux essais faits au polygone de Gâvres de 1870 à 1875, on trouvera que, pour traverser une plaque d'une épaisseur déterminée, le projectile de calibre et de poids convenable devait être animé d'une vitesse telle, que la force vive variait, suivant les calibres, de 1 500 à 3 000 *kgm* par centimètre carré de la section, ou encore de 10 000 à 25 000 *kgm* par centimètre de la circonférence du projectile.

Les conditions actuellement imposées exigent jusqu'à 9 500 *kgm* par centimètre carré du projectile et 60 000 *kgm* par centimètre de circonférence, soit trois à quatre fois plus qu'en 1895.

Nous trouverons, en parcourant les galeries des Expositions de 1889 et 1894, de nombreux exemples de projectiles ayant traversé les plaques dans les conditions qui viennent d'être indiquées, sans autres avaries que de légères déviations de l'ogive.

Aux canons plus puissants, aux projectiles plus résistants, il fallait trouver le moyen d'opposer des plaques indestructibles.

Il y aurait un long travail à faire sur cette question spéciale,

si l'on voulait rendre compte d'une manière un peu complète de toutes les péripéties de cette lutte entre le canon et les cuirassés de navires.

Ce travail a été réalisé en grande partie par l'un de nos collègues, M. Baclé, soit par des publications dans le *Génie Civil*, soit par des brochures adressées à un grand nombre de membres de la Société. Ces divers travaux sont présentés avec une compétence indiscutable, et nous paraissent devoir être du plus puissant intérêt pour tous ceux qui veulent rester au courant de ces questions spéciales.

Pour ce qui nous concerne, et pour ne pas donner à ce travail des développements excessifs, nous nous limiterons à reprendre la question au point où nous l'avions laissée à propos de l'Exposition de 1878.

On se rappellera que les essais de la Spezzia, en 1876, avaient démontré que le *métal Schneider*, acier fondu massif, pouvait efficacement protéger les flancs du navire; les plaques se brisaient, mais les œuvres vives n'étaient pas atteintes, et le gouvernement italien adopta les plaques d'acier du Creusot.

A cette même époque apparaissait le *métal mixte* Cammel-Wilson, mis en pratique par tous les industriels et accepté par les gouvernements qui n'étaient pas encore convertis à l'acier massif.

C'est donc entre ces deux procédés de fabrication que s'établit la lutte, pendant plusieurs années.

Le Creusot, qui n'avait pas entrepris la fabrication du métal mixte, n'avait point pris part aux Expositions de 1889 et 1894, où apparaissaient seules les *plaques mixtes* pour les grosses épaisseurs, et les *plaques en fer* pour tout ce qui est relatif aux blindages de moyenne épaisseur, et à la fortification permanente.

Il faut ajouter que, depuis 1889, les esprits avaient travaillé; le Creusot, resté sur le terrain de la plaque en acier, et désireux d'en améliorer encore la qualité, avait pris un brevet d'invention pour l'*introduction du nickel dans l'acier*. Des essais sur ce nouveau métal eurent lieu à Annapolis (Amérique) en 1891, et dans cette circonstance la plaque du Creusot fut supérieure à la plaque compound Commel-Wilson. L'acier massif était donc victorieux encore une fois.

La Société de Saint-Chamond, de son côté, avait fait breveter, en février 1891, un nouveau procédé consistant à ajouter à l'acier un mélange de *nickel-chrome;* les produits fabriqués par

ce procédé furent livrés à l'artillerie et à la marine sous le nom d'*acier spécial*.

Les plaques fabriquées avec ce nouvel acier obtinrent, soit en France, soit à l'étranger, des succès très remarquables. J'ai pu voir, personnellement, au polygone russe d'Ochta, près Pétersbourg, une plaque de Saint-Chamond ayant reçu *treize coups de canon*, pénétrée par les treize projectiles jusqu'à une profondeur de 15 à 20 *cm*, et *ne montrant pas une seule fente;* je ne crois pas que, jusqu'alors, on ait pu constater une telle ductibilité du métal alliée à une résistance aussi bien caractérisée.

Il m'a été possible de constater, en cette circonstance, que nos concurrents anglais éprouvaient un certain sentiment de dépit à constater cette supériorité.

Mais, depuis le succès du Creusot à Annapolis, un Américain, M. Harvey, ayant de nouveau travaillé la question, imagina d'apporter une nouvelle amélioration à la plaque d'acier massif, en lui faisant subir une opération de *cémentation*, *suivie d'une trempe*, sur la face destinée à recevoir le choc.

On pourra constater, d'après les travaux de M. Baclé, que les dernières épreuves pratiquées en Amérique, en Angleterre, en Allemagne et en France paraissaient être favorables au procédé Harvey.

Ces expériences n'ont cependant point donné encore de résultat décisif, mais elles sont continuées dans les différents pays, et il ne s'écoulera pas un temps bien long avant qu'on soit fixé sur la valeur de ce nouveau mode de fabrication des plaques de blindage; on ne saurait méconnaître que ce procédé paraît rationnel au point de vue métallurgique, mais il faut bien reconnaître qu'il est d'une pratique difficile.

Toujours est-il que les fabricants français, Saint-Chamond, Châtillon-Commentry, MM. Marrel frères, Forges de Saint-Étienne, ont traité sans tarder avec l'inventeur Harvey, pour être autorisés à appliquer son procédé, et que le Creusot, après quelques hésitations, a également pris le parti de s'entendre avec l'inventeur.

Les quelques explications qui précèdent nous ont paru nécessaires pour donner une idée, forcément un peu sommaire, des nécessités auxquelles l'industrie métallurgique du fer et de l'acier a dû donner satisfaction, et des études qu'elle a dû faire pour arriver à la solution des problèmes qui lui étaient posés. Nous pourrons aborder maintenant la visite aux Expositions de 1889

et de 1894, nous y trouverons le moyen d'apprécier comment et dans quelles limites les questions ont été résolues.

Les usines de *Saint-Chamond* avaient opéré, entre 1889 et 1894, une transformation considérable dans leur outillage de grosse forge; à côté du pilon de 100 *t*, on avait installé des *presses à forger* de 3 000 et 3 500 *t*, entrainant la création de grands ateliers spéciaux, avec grues, fours, etc.

Le forgeage à la presse, déjà pratiqué en Angleterre, était considéré comme un progrès notable, en vue de l'accélération du travail, dans certains cas particuliers, et de la meilleure préparation du métal résultant de cette manière d'opérer.

Il ne faudrait pas penser, cependant, que le travail à la presse puisse supprimer celui du pilon; les deux outils ont leur utilité, il s'agit de les approprier convenablement aux pièces diverses à fabriquer, et surtout aux différentes périodes de la fabrication.

Les dimensions considérables de ce nouvel outillage sont rendues absolument nécessaires par la grandeur et par le poids des pièces à forger; c'est ainsi que l'on pouvait voir, en 1889, le fac-similé d'un *lingot de 100 000 kg* alors en forgeage à l'usine de Saint-Chamond.

Il faut ajouter, qu'indépendamment de ces énormes outils, la Société possède un certain nombre de pilons moins gros, de différents poids, échelonnés suivant les besoins de la fabrication. Cette variété dans l'outillage peut seule expliquer la multiplicité des pièces de toutes les formes et de tous les poids que le public pouvait examiner aux Expositions de 1889 et 1894.

La série des *projectiles* était représentée par les types suivants:

1° Une collection complète et très remarquable d'obus en acier forgé, pour l'artillerie de marine, de 19 à 42 *cm* de diamètre;

2° Une collection du même genre, de 80 *mm* à 240 *mm*, pour l'artillerie de terre;

3° Une troisième collection d'obus de 6 pouces à 13 pouces et demi, destinés à la marine anglaise;

4° A destination de la marine russe, des obus de 11 et 12 pouces;

5° Pour la marine américaine, obus de 8 et 10 pouces;

6° Collection d'obus à grande capacité, pour explosifs;

7° Une série de projectiles ayant traversé les plaques, sous le contrôle de la marine et de l'artillerie, à Gâvres et au Bouchet, en France, et aussi à *Schœburyness*, en Angleterre, sous le contrôle de l'Amirauté.

On pouvait étudier et admirer, dans plusieurs vitrines de l'Exposition, des échantillons d'acier provenant de ces projectiles.

En ce qui concerne les *canons*, les types de pièces étaient également très variés.

1° Divers corps de canons et tubes pour canons des calibres de 14 jusqu'à 37 *cm* de diamètre, le poids de certaines pièces s'élevant jusqu'à *14 000 kg*. Pour chaque pièce, l'usine donne les *résultats officiels* des épreuves faites par le contrôle de l'Artillerie. Voici les chiffres principaux :

Limite élastique	36 *kg* à 46 *kg* par millimètre carré.
Charge de rupture	66 *kg* à 80 *kg* —
Allongement.	18 et 10 0/0

Ces essais, faits *après trempe*, donnent exactement l'idée d'un acier à canon de bonne qualité, très élastique, pouvant supporter des efforts considérables. Les écarts assez larges entre les résultats proviennent des conditions de trempes, des épaisseurs des pièces, etc. Tous ces chiffres sont d'ailleurs dans les conditions des marchés.

2° Une série de *frettes à tourillons* pour canons de marine de 24, 32, 39 *cm*, dont voici les épreuves de contrôle :

Limite élastique	30,80 *kg* à 35 *kg* par millimètre carré.
Charge de rupture . . .	58,50 *kg* à 90 *kg* —
Allongement	17,75 à 12,50 0/0

Les *plaques de blindage* étaient représentées par un grand nombre de spécimens dont nous mentionnerons seulement les plus remarquables.

1° Une *plaque mixte* de forme spéciale, d'épaisseurs inégales, pesant 14 990 *kg*. Cette plaque avait subi le tir d'essai à Gâvres par trois coups de canon, avec la vitesse réglementaire, et dont voici les résultats :

Coup n° 1.	Pénétration	148 *mm*
— n° 2.	—	115
— n° 3.	—	135

La plaque est intacte et sans fentes.

2° Une *plaque en fer* de 1 345 *mm* × 5 500 *mm* × 120 *mm* épaisseur, du poids de 7 525 *kg*. Cette plaque a subi le tir d'essai à Gâvres, par cinq coups de canon dont voici les résultats :

Coup n° 1.	Pénétration	. . . . .	135 *mm*
— n° 2.	—	. . . . .	136
— n° 3.	—	. . . . .	136
— n° 4.	—	. . . . .	126
— n° 5.	—	. . . . .	140

Cette régularité dans les pénétrations est incontestablement très remarquable ; elle paraîtrait à peine croyable, s'il ne s'agissait d'*essais officiels*.

3° Diverses plaques, ayant subi des tirs d'étude au polygone de l'usine, à *Langonan*, près Saint-Chamond.

4° Une plaque de 250 *mm* d'épaisseur, soumise au tir à Gâvres par un projectile de 150 *mm* du poids de 41 *kg*, à la vitesse de *695 m au choc*.

Coup n° 1.	Pénétration	. . . . .	266 *mm*
— n° 2.	—	. . . . .	270
— n° 3.	—	. . . . .	268

Toujours régularité dans les remarquables résultats ;

5° Section de rupture d'une *plaque mixte* à faces non parallèles, mettant en évidence les qualités très différentes des deux métaux employés ;

6° Un blindage en fer pour coupole, du poids de 27 255 *kg*, avec deux embrasures pour canon de 155 *mm* ;

7° Un blindage en fer de 2,75 *m* de large *sur 15 m de longueur*, en 50 *mm* d'épaisseur, du poids de *17 000 kg*. Cette pièce est de fabrication très difficile au laminoir ;

8° Indépendamment de tous ces spécimens de plaques, à destination de la marine, la Société de Saint-Chamond mettait en lumière, à l'Exposition de 1889, de nombreux travaux sur les blindages de fortifications, et aussi sur la construction et l'armement des tourelles qui avaient été livrées à divers gouvernements.

Nous ne saurions entrer ici dans tous les détails que comporte cette question ; disons seulement que les types exposés consistaient principalement :

En tourelles à pivot hydraulique;
Tourelles sans pivot pour deux canons;
Tourelles oscillantes à éclipse;
Petites tourelles à éclipse;
Observatoire cuirassé à éclipse.

Pour toutes ces installations permanentes, des essais spéciaux de plaques avaient été faits, et la Société de Saint-Chamond était arrivée à établir que, pour ce cas particulier, *la plaque en fer constituait le meilleur moyen de défense.*

Indépendamment de tous ces éléments importants, destinés au matériel de la marine et de la guerre, la Société avait exposé un certain nombre de pièces forgées, parmi lesquelles il y a lieu de signaler :

1° Séries d'essieux pour locomotives, wagons, etc.;

2° Essieux pour affûts;

3° Un arbre en acier coudé, du poids de 14 500 *kg*, provenant d'une série de huit arbres semblables, livrés à la Compagnie Transatlantique; au moment de l'Exposition, cet arbre avait déjà parcouru *350 000 km* en activité de service;

4° Un autre arbre forgé à trois coudes, en acier, du poids de 9 700 *kg*.

En résumé, ces expositions de la Société de Saint-Chamond présentaient un intérêt considérable; le résumé rapide que nous venons d'en faire n'en peut donner qu'une idée très imparfaite.

MM. Marrel frères, à Rive-de-Gier, ont également, depuis l'origine de la fabrication des plaques de blindage, développé leur outillage dans des proportions considérables. Ces messieurs avaient commencé, en 1880, par la fabrication des plaques de 10 *cm* d'épaisseur, puis ils avaient installé de puissants laminoirs, puis un marteau-pilon de 100 *t*, et grandissaient successivement pour arriver aux plaques des dimensions les plus considérables, et aux pièces forgées les plus difficiles, soit pour l'artillerie, soit pour la marine, ou encore pour l'industrie privée. Quelques types, remarqués aux Expositions de 1889 et de 1894, donneront une idée de la puissance des moyens dont disposent *MM. Marrel frères.*

1° On pouvait voir, à l'Exposition de 1894, à Lyon, une *plaque mixte* de 32 *cm* d'épaisseur, du poids *de 18 590 kg*. Cette plaque, essayée au tir de recette, à Gâvres, avait reçu trois coups de canon de 32 *cm*.

Voici les résultats du tir sur la plaque :

Coup n° 1.	Pénétration	36 *mm*
— n° 2.	—	100
— n° 3.	—	40

C'est un résultat superbe; il semble, en examinant cette plaque, qu'elle ait été simplement effleurée par les projectiles;

2° Une plaque de 40 *mm* d'épaisseur, soumise au tir d'un canon de 10 *cm*, avait subi des pénétrations de 59, 63, 66 et 78 *mm*, sans aucune fente ni crique.

Trois coups supplémentaires n'avaient pu détruire la plaque. Un projectile reste dans le coup n° 7;

3° Une collection de projectiles divers dans la marine;

4° Une frette ajustée pour canon de 42 *cm*;

5° Un arbre coudé en acier, du poids de 14 000 *kg*.

Les usines de *Saint-Étienne* présentaient également de nombreux types de fabrication destinés au matériel de la guerre et de la marine; voici quelques-uns des produits qui nous paraissent surtout devoir appeler l'attention :

1° Obus de 140 *mm* pour la marine, ayant traversé normalement une plaque de 250 *mm*, sans être sérieusement endommagé. On peut signaler ce fait comme tout à fait en dehors de l'ordinaire;

2° Deuxième obus de 140 *mm* en acier *chrome-nickel;* cet obus a traversé *au tir oblique* une plaque de 160 *mm*, et a été retrouvé à 128 *m*, seulement un peu gauché;

3° Autre obus de 140 *mm* en acier chrome-nickel, ayant également traversé une plaque de 160 *mm* d'épaisseur au tir oblique, et retrouvé à 2000 *m* au delà du massif, à peine déformé!

4° Une plaque de 2 000 × 2 000 *mm* sur 100 *mm* épaisseur, du poids de 3 083 *kg*, ayant reçu trois coups du canon de 100 *mm*.

Coup n° 1.	Pénétration	100 *mm*
— n° 2.	—	126
— n° 3.	—	130

sans aucune détérioration;

5° Tôles pour *masques* en acier chromé;

6° Tôles *chrome et nickel* trempées sur une seule face (brevet 1893), en vue d'amener le durcissement au point où il doit être utilement appliqué;

7° Une plaque de 72 *mm* d'épaisseur, en *acier nickel-chrome* trempé sur une seule face, essayée à Sevran-Livry avec le canon de 65 *mm*, jusqu'à la vitesse de *651,6 m* sans perforation. Tous les projectiles sont brisés;

8° Tubes de diverses dimensions pour canons, artillerie de terre et de marine. Ces tubes sont trempés *sur l'intérieur* par un procédé spécial;

9° Tourelles et masques pour la marine. Les usines de Saint-Étienne ont déjà livré à la marine française plus de 30 appareils de ce genre. Les résultats d'épreuves faites sur les masques en plaques chromées, font ressortir une impénétrabilité remarquable.

MM. *Jacob Holtzer et C^ie^*, à Unieux (Loire), ont été les initiateurs de la fabrication *des obus en acier chromé*, destinés à l'attaque des murailles cuirassées de la marine. C'est grâce à ce perfectionnement important dans la fabrication des projectiles, qu'il est devenu possible d'utiliser réellement la puissance de la nouvelle artillerie; c'est donc là un fait d'une importance capitale.

C'est en 1882, au mois de juillet, qu'a eu lieu le premier tir d'un obus de 34 *cm*, pesant 420 *kg*, sur une plaque en fer de 40 *cm*. Trois projectiles tirés ont traversé la plaque *obliquement, sous une incidence de 18°*; l'un d'eux est resté entier et sans fente.

Postérieurement, il a été brisé des projectiles de 42 *cm*, du poids de *750 kg*, tirés aux essais sur plaque en fer de 50 *cm* d'épaisseur, obliquement avec inclinaison de 18°. Le succès a été complet, la plaque a été traversée. On a dû voir cet obus à l'Exposition de 1889, sans autre avarie *qu'un refoulement de 4 mm et un gonflement de 2 mm!*

Il est difficile de constater un résultat plus remarquable. On pouvait également voir, à la classe 66, en 1889, un obus de 29 *cm*, ayant traversé une plaque en acier du Creusot, de 25 *cm*. Cet obus a été retrouvé à 900 *m* de la plaque, entier et sans fentes; son refoulement était de 2 *mm*, et le gonflement de 0,6 *mm*.

Des livraisons ont été faites en Angleterre par MM. Jacob Holtzer et C^ie^, avec le même succès. Ces messieurs présentaient à l'Exposition de 1889 des obus de 6 pouces et de 9 pouces anglais, ayant traversé avec succès des plaques compound de 9 pouces et de 12 pouces, et ne présentant que des déformations insignifiantes.

Mêmes succès en Italie, en Russie, et dans ces derniers temps

en Amérique sur des plaques mixtes et aussi sur des plaques en acier cémentées par le procédé Harvey.

Indépendamment de cette fabrication de projectiles, MM. Jacob Holtzer et Cie ont produit avec succès des tôles chromées de 4 *mm* d'épaisseur, pour masques et abris contre la mousqueterie, et aussi des plaques de 10 *cm* et plus d'épaisseur pour masques et abris contre le tir des canons-revolvers.

Les essais par traction, pratiqués sur ces plaques, donnent les résultats suivants :

Limite élastique.	70 *kg* à 70 *kg* par millimètre carré.
Charge de rupture	100 *kg* à 110 *kg* —
Allongement.	10 à 12 0/0.

Ce sont là des résultats peu ordinaires.

On pouvait également voir à Lyon, en 1894, des tubes et frettes pour canons d'artillerie de terre et d'artillerie de marine des divers calibres de 65 à 160 *mm*.

La fabrication des pièces forgées, pour tous les emplois industriels, constitue également une des spécialités importantes des usines d'Unieux ; on en pouvait voir de nombreux spécimens en 1889 et en 1894.

La Société des *Aciéries et Forges de Firminy* est également entrée avec succès dans la fabrication du matériel de guerre. Les produits exposés à Paris en 1889 et à Lyon en 1894, étaient remarquables par leur variété et par certains résultats obtenus. Voici la nomenclature sommaire de ces divers produits :

1° Tubes pour canon de 155 *mm*, artillerie de terre ;

2° Frettes à tourillons pour canon de 120 *mm* ;

3° Tubes et jaquette pour canons Hotchkiss de 47 *mm* à tir rapide.

4° Frette à tourillon pour canon de 165 *mm* ;

5° Obus de rupture de 100 *mm* à 420 *mm* de diamètre pour l'artillerie de marine ;

6° 3 obus de 138,6 *mm*, 274 *mm*, 340 *mm*, ayant résisté au tir d'épreuves, et ne présentant que de minimes déformations ;

7° Divers types d'obus ayant été livrés à la marine anglaise et à la marine espagnole ;

8° Réservoirs torpilles de 450, 381 et 356 *mm* pour défenses sous-marines. Pièces d'une exécution très difficile en raison de leur mince épaisseur.

Les usines *Clandinon*, au Chambon, ont également fait avec un succès très marqué, des livraisons de projectiles et de canons de petite dimension à l'artillerie de terre et à l'artillerie de marine. Ces usines ont suivi une marche très progressive dans ces dernières années.

Les forges de *Châtillon-Commentry* n'avaient pas paru à Lyon en 1894, mais occupaient en 1889, à Paris, une place importante comme producteurs au point de vue militaire, artillerie de terre et marine.

Les produits exposés figuraient soit à la classe 41, soit à la classe 66; nous en donnons la nomenclature sans distinction de classe.

1° Boulets en fonte dure de 16 et 27 *cm* pour la marine;
2° Obus de 30 *cm* en fonte dure pour mortier;
3° Obus de 16 *cm*, 27 *cm*, 34 *cm*, 42 *cm* en acier coulé pour la marine;
4° Obus à mélinite de 155 *mm* obtenus par emboutissage pour le Ministère de la Guerre;
5° Obus de 34 *cm* en acier forgé;
6° Obus de 10 *cm* en acier forgé;
7° Obus de 155 *mm* cylindriques et tronconiques en acier forgé;
8° Obus de 24 *cm* en acier coulé essayés sur plaque en fer de 25 *cm*. Presque sans déformation;
9° Obus de 19 *cm* en acier coulé, ayant subi la même épreuve sur plaque de 24 *cm*;
10° Obus de 30 *cm* en fonte dure essayés sur plaque de 40 *cm* en fer;
11° Obus de 155 *mm* martelés et trempés.

Tous ces projectiles ont subi victorieusement les épreuves de Gâvres, polygone de l'artillerie de marine.

A côté de cette collection de projectiles on pouvait étudier, dans des vitrines spéciales, des cassures destinées à mettre en lumière les qualités du métal sous ses différents aspects de fonte dure, acier coulé, acier forgé. Cette collection présentait un sérieux intérêt pour les spécialistes.

Cette exposition très complète de projectiles, place les usines de Châtillon-Commentry en très bon rang pour les fabrications de cette nature.

En ce qui concerne les *plaques de blindage*, les usines de Montluçon (Société Châtillon-Commentry) ont pris depuis bien des années une situation importante dans cette fabrication; aussi devons-nous constater que cette usine apparaissait en 1889, à Paris, avec un assortiment très important de plaques de diverses natures et de toutes les dimensions.

1° Plaque en fer de 50 *cm* d'épaisseur, poids 35 000 *kg*, essayée à Gâvre le 7 mai 1886 et reçue avec la mention *très satisfaisante*.

2° Plaque compound pour le *Formidable*, 40 *cm* épaisseur, poids 33 000 *kg* reçue à Gâvres le 29 août 1886 avec mention satisfaisante.

3° Diverses plaques en métal extra-doux pour ponts de navires, reçues avec les mentions les plus satisfaisantes, notamment une plaque de 84 *mm* d'épaisseur, essayée à Gâvres le 5 décembre 1887.

4° Indépendamment de ces essais officiels, cette Société mettait sous les yeux du public de nombreux essais faits par elle-même, au polygone de l'usine de Saint-Jacques; l'ensemble de ces expériences, faites en vue de déterminer la vitesse de perforation des plaques de diverses épaisseurs et de qualités variées, présentait un intérêt considérable.

Les essais sur métal extra-doux présentaient, notamment, une très réelle importance, au point de vue des tourelles et fortifications permanentes.

5° On voyait également, à l'Exposition, un modèle de tourelle pour deux canons de 12 *cm*.

6° Échantillons de plaques en *acier durci* de 4 *mm*, essayées avec le fusil modèle 1894.

V

Nous voici arrivé au terme de cette énumération rétrospective, qui aura peut-être paru trop longue à quelques-uns de nos lecteurs. Disons cependant que nous n'avons laissé, au début de ce travail, aucune illusion ni aucune indécision sur le but poursuivi, qui consistait à mettre en lumière les progrès de la métallurgie du fer et de l'acier pendant les quarante dernières années, en prenant pour terme de comparaison et pour mesure du chemin parcouru, les grandes manifestations industrielles connues sous le nom d'Expositions universelles.

Tel était incontestablement le but que nous nous proposions

d'atteindre, et dès lors, une énumération des produits soumis à l'examen du public devenait indispensable. On ne saurait énoncer d'opinions dogmatiques en pareille matière; l'étude attentive des faits peut seule permettre d'asseoir un jugement sérieux, il fallait donc mettre les faits en lumière.

Peut-être serait-il plus juste d'avoir une préoccupation absolument opposée, qui serait celle de n'avoir pas dit assez, de n'avoir pas discuté d'une manière assez complète un grand nombre de faits, dont l'énumération a peut-être été un peu sèche et aride; mais alors nous avions à combattre un terrible ennemi, la longueur!

Nous avons donc pensé que le mieux était de s'arrêter et de s'étendre un peu plus longuement sur les faits importants et caractéristiques, notamment sur ceux qui constituent les véritables transformations industrielles, des révolutions même, pourrait-on dire; pour tout le reste, une rapide énumération nous a paru suffisante, et peut-être, nous le répétons, paraîtra-t-elle trop longue à quelques-uns de nos lecteurs.

Nous venons donc, en résumé, d'énumérer des faits, de constater et de signaler des résultats, dont quelques-uns, on le reconnaîtra, présentent une réelle importance. Il nous reste à nous demander si toutes ces transformations, tous ces progrès, que nous venons de constater, que bien d'autres ont mis en lumière avant nous, n'ont pas quelque cause spéciale, non appréciable au premier abord, qu'il importerait de découvrir ou de préciser.

Nous croyons que cette cause existe; le progrès a été plus rapide en France que partout ailleurs, cela est incontestable; on a dû constater, dans le cours des études qui précèdent, que certaines inventions, dont l'origine doit être attribuée à l'étranger, arrivent plus rapidement au succès après leur mise en pratique en France. Cette cause cachée, insaisissable à première vue pour ceux qui ne sont pas dans le courant auquel nous faisons allusion, c'est la méthode d'observation scientifique et expérimentale appliquée à l'industrie.

Dans l'ordre d'idées qui nous occupe à l'heure actuelle, deux points importants ont appelé la sollicitude des industriels français, l'analyse chimique et l'étude des propriétés mécaniques des produits obtenus.

C'est vers 1867 que cet esprit nouveau a pénétré dans l'industrie sidérurgique, qui jusque-là était restée dans la voie de l'empirisme le plus absolu. Nous avons signalé ce fait au passage

dans les pages qui précèdent, et postérieurement, nous avons signalé, à propos des Expositions de 1878-1889-1894, le développement des études de ce genre.

Depuis 1867, de nombreuses études ont été faites sur la composition chimique des fontes, fers et aciers, et sur les propriétés mécaniques qui en sont la conséquence. Ces études ont été publiées en très grand nombre, précisément à l'occasion des Expositions universelles; nous pensons qu'elles doivent, avec avantage, trouver leur place dans le présent travail, et nous donnons dans les tableaux qui suivent, tous les résultats de ce genre qui, à notre connaissance, ont été publiés.

Nous nous limitons strictement à la publication de ce que les industriels eux-mêmes ont bien voulu donner au public; nous pensons qu'il ne serait convenable en aucun cas de sortir de cette limite qui est la seule absolument correcte.

C'est dans cet esprit que nous publions les tableaux n° 1 à n° 11 joints à ce mémoire; nous pensons que les résultats d'épreuves inscrits à ces tableaux, tels qu'ils apparaissent, peuvent donner lieu aux quelques observations qui vont suivre.

Nous aurions voulu pouvoir produire ces divers résultats d'expériences sous forme de diagrammes, présentant l'avantage de rendre sensibles à l'œil, presque à première vue, la valeur des chiffres, qui deviennent ainsi matériellement compréhensibles. Il nous a malheureusement été impossible de procéder ainsi, le nombre des tableaux aurait été trop considérable.

Pour atténuer cet inconvénient dans la limite du possible, nous avons fait une sélection raisonnée dans les diverses séries d'essais publiées en tableaux; nous avons choisi, dans chaque nature d'acier, les types qui nous ont paru représenter, dans les meilleures conditions, les qualités diverses que chaque usine a voulu mettre en lumière, et nous avons résumé ces résultats dans deux tableaux graphiques, pouvant permettre de saisir, en un seul coup d'œil, les propriétés diverses des aciers soumis à l'étude.

Dans le premier de ces tableaux graphiques, nous avons comparé les aciers en prenant comme point de départ, dans chaque type, les *résistances minima;* la même comparaison, sur les *résistances maxima* est inscrite au deuxième tableau graphique.

Une étude attentive de ces deux diagrammes d'ensemble, complétée par les renseignements chiffrés contenus dans les onze tableaux annexés, nous paraît devoir permettre de formuler quelques conclusions sur cette intéressante question. C'est cette étude

que nous nous proposons de faire ici d'une manière sommaire, laissant à chacun de ceux que la question peut intéresser la faculté d'examiner de plus près certains points spéciaux.

A. — Acier Bessemer.

Nous n'avons point fait figurer les *aciers Bessemer* sur les tableaux graphiques dont il vient d'être question; en réalité, l'appareil Bessemer n'a point ou presque point été utilisé pour produire des *qualités d'acier variées;* les études de ce genre n'ont été mises en pratique, sérieusement, qu'à partir du moment où le four Siemens-Martin a été mis à la disposition des industriels.

On pourra constater, d'ailleurs, en jetant un coup d'œil sur les tableaux nos 1 et 2, que les aciers Bessemer, plus spécialement appliqués à la fabrication des rails, ont pour base principale leur teneur en carbone; que les résistances augmentent en raison directe du degré de carburation, les allongements suivant une loi régulièrement inverse.

L'usine de Terrenoire a bien pu réaliser la fabrication des aciers doux à l'appareil Bessemer par *l'addition du ferro-manganèse;* mais l'apparition du four Siemens-Martin a rendu toutes ces tentatives inutiles.

L'étude des tableaux nos 1 et 2 fait ressortir, toutefois, un fait assez intéressant en ce qui concerne la régularité des résultats.

Si, en effet, on compare les chiffres obtenus dans des régions très éloignées les unes des autres, *Neuberg* (Styrie), *Reschitza* (Autriche), *Bethléem* (Amérique), on remarquera que, pour une même teneur en carbone, on obtient des résistances en allongements à peu près semblables.

B. — Aciers au carbone.

Les *aciers au carbone* ont été, pendant bien des années, les seuls connus et couramment pratiqués; c'était à proprement parler, ce qu'on appelait l'*acier*.

Les créateurs de l'industrie de l'acier avaient constaté que le carbone ajouté au fer de bonne qualité, donnait à celui-ci la faculté de *durcir par la trempe*, et l'idée n'était venue à personne de modifier les qualités de cet acier par une addition quelconque.

Si l'on examine les diagrammes mentionnés plus haut, on constatera, qu'en effet, le carbone modifie d'une manière très notable les propriétés de l'acier.

Composition chimique.

	Résistance minima.	Résistance maxima.
	—	—
Carbone (dix-millièmes)	15	105
Manganèse.	21	26
Phosphate	4	6

Métal naturel.

Limite élastique . . .	22,00 *kg*	39,20 *kg*
Charge de rupture. . .	35,70 *kg*	86,10 *kg*
Allongement 0/0 . . .	34,00	4,50
Contraction	66,00 *kg*	12,00 *kg*

Métal trempé.

Limite élastique . . .	32,8 *kg*	Cassé à la trempe.
Charge de rupture. . . .	46,8 *kg*	—
Allongement 0/0 . . .	28,6	—
Contraction	66 *kg*	—

L'influence du carbone est visiblement considérable dans l'échantillon d'un bon type; il est facile de remarquer, en effet :

1° Que la limite élastique passe de 22 *kg* à 39,2 *kg*, soit une augmentation de 78 0/0;

2° Que la charge de rupture de 35,7 *kg*, s'élève à 86 *kg*, soit une augmentation de 142 0/0;

3° Que l'allongement passe de 34 0/0 à 4,50 0/0, soit une réduction de 660 0/0.

En ce qui concerne la *trempe*, on remarquera qu'elle n'apporte qu'une assez légère modification aux conditions de résistance et d'allongement, pour le métal à faible dose de carbone; on pourrait même admettre que, dans bien des cas, il y aurait lieu de tremper le métal de cette nature avant de l'employer.

On remarquera, d'autre part, que le métal *à 105 dix-millièmes* de carbone ne supporte pas la trempe sans se briser.

On trouverait, sur le tableau n° 2, le point auquel cet acier carburé peut être trempé sans danger; c'est environ à la dose de 71 dix-millièmes de carbone que se trouve le point de durcissement extrême, sans crainte de rupture.

C. — Aciers manganèse. — Carbone.

Une étude attentive des diagrammes, combinés avec les chiffres détaillés du tableau n° 4, montrera, *qu'à teneur égale en carbone*, les aciers manganésés sont sensiblement plus résistants, tout en conservant à peu près le même allongement; on remarquera, en outre, que ces aciers sont influencés par la trempe d'une manière beaucoup plus énergique. Ce que nous venons de dire s'applique aux aciers provenant de l'usine de Terrenoire, dont nous connaissons la composition chimique.

Les mêmes observations nous paraissent pouvoir être appliqués aux aciers manganésés Holtzer (tableau n° 4), bien que la composition chimique nous en soit inconnue; il est, en effet, facile d'apprécier, à l'aide des diagrammes, que ces aciers sont d'une qualité remarquable, et que, même à la résistance maxima, ils supportent très bien la trempe, qui les amène à *123 kg de résistance*, avec un allongement qui est encore de *7,50 0/0*. Il est certain que ces aciers manganésés Holtzer sont d'une excellente qualité.

D. — Aciers Hadfield. — Manganèse. — Carbone.

On remarquera que, dans le cours des expériences de 1878, relativement à l'action du manganèse sur les aciers, l'usine de Terrenoire s'était trouvée arrêtée par suite du durcissement excessif, lorsque la proportion de manganèse arrivait à un certain chiffre. *A 131 dix-millièmes* (tableau n° 4) le métal se brise à la trempe. Non trempé, il résiste à 82,5 *kg*, avec un allongement de 15,90 0/0. *A 200 dix-millièmes* (soit 2 0/0) on obtient 90 *kg* avec 9,50 0/0 d'allongement, mais toujours rupture à la trempe. On n'avait donc pas jugé utile de pousser plus loin les expériences.

Mais un industriel anglais, M. Hadfield, entreprit, en 1888, une série d'expériences sur ces aciers manganésés; il poussa ses recherches bien au delà de ce qui avait été fait à Terrenoire, et arriva à des résultats tout à fait surprenants, ainsi qu'on en pourra juger, à première vue, au simple aspect des graphiques annexés.

En consultant tout à la fois le tableau graphique et le tableau chiffré n° 5, on arrive à reconnaître que les études de M. Hadfield ont donné les résultats suivants :

1° Jusqu'à la teneur en manganèse de 2,30 0/0, M. Hadfield constate des résultats sensiblement identiques à ceux qui avaient été obtenus à Terrenoire en 1878;

2° Si l'on augmente progressivement la teneur en manganèse jusqu'à 7,50 0/0, la résistance continue à être assez faible, et l'allongement ne dépasse pas 4,30 0/0;

3° A 10 0/0 de manganèse (10-11) le métal non trempé donne 59 *kg* et 5,46 0/0 d'allongement; le même métal trempé arrive à 63 *kg* et 19,53 0/0 d'allongement;

4° Ce phénomène singulier, de l'allongement augmenté par la trempe, alors qu'il reste très minime dans le métal naturel, arrive à son maximum vers la teneur de 15,90 de manganèse, en passant par les chiffres suivants :

A 10,83 0/0 Mn	acier trempé	96,20 *kg*	allongement	25,10 0/0
12,29	—	93,54	—	41,91
13,75	—	98,50	—	46,30
14,01	—	103	—	44,44
14,27	—	106	—	43,90

Il faut remarquer que l'échantillon à 14,01 0/0 n'a pu être rompu complètement.

5° A partir de cette teneur en manganèse, c'est-à-dire au delà de 15 0/0, les résultats vont en s'amoindrissant, et il semble que c'est bien entre 10 et 15 0/0 de manganèse que l'on obtient les propriétés les plus remarquables.

6° La proportion du carbone dans l'acier ne doit pas dépasser un certain chiffre. Un essai, n° 19 (tableau n°5) contenant *155 dix-millièmes* de carbone, n'a donné que des résultats médiocres, très notablement améliorés, lorsque le carbone a été ramené à la teneur de *90 à 110 dix-millièmes*.

Ces résultats sont très remarquables et semblent indiquer qu'on se trouve en présence d'un corps nouveau, n'ayant rien de commun avec les aciers connus, et présentant des propriétés physiques absolument différentes.

Il faut ajouter que ce métal qui, par sa faculté d'allongement, présente tous les caractères de la douceur et de la ductilité, est *extrêmement dur à la surface*, et ne peut que très difficilement être travaillé à froid. C'est là un véritable obstacle qu'il n'est guère possible de surmonter qu'en obtenant *à chaud* les transformations importantes; le travail à froid ne pouvant guère être pratiqué qu'à l'aide de meules très dures.

Il faudrait pouvoir s'étendre plus longuement sur les travaux de M. Hadfield. Les personnes qui auraient le désir de se livrer, sur ce point spécial, à des études plus complètes, trouveront dans les comptes rendus de l'*Iron and steel Institute* un mémoire très complet de M. Hadfield lui-même sur cette question.

E. — Aciers phosphore-manganèse.

J'ai expliqué personnellement, par une communication à la Société des Ingénieurs Civils, à la date du 20 février 1874, les considérations qui avaient conduit les usines de Terrenoire à étudier, d'une manière spéciale, l'action du phosphore dans les aciers. La mise en pratique du procédé *Thomas Gilchrist* a enlevé en grande partie son utilité à la démonstration de la possibilité d'introduire une certaine dose de phosphore dans les aciers. Il nous paraît cependant utile de mentionner, dans ce travail d'ensemble, quelques indications sur les études faites en 1878.

Il nous semble d'ailleurs assez intéressant de constater encore une fois, aujourd'hui, que, dans certains cas, il est possible d'introduire jusqu'à *40 dix-millièmes de phosphore* dans les aciers, sans nuire sensiblement à leurs qualités principales. Pour que cela soit pratique, et régulièrement possible, il faut introduire dans l'acier *un minimum de manganèse de 75 à 80 dix-millièmes*, et *un maximum de 30 dix-millièmes de carbone*.

G. — Aciers au silicium.

Les aciers au silicium nous paraissent devoir donner lieu à une étude assez approfondie, en raison des qualités diverses et véritablement intéressantes qu'ils possèdent.

Si l'on étudie, avec une certaine attention, les deux graphiques et les chiffres inscrits aux tableaux nos 5 et 6, on verra qu'il est possible de formuler les observations suivantes, sur les aciers au silicium.

1° Ces aciers possèdent *une limite d'élasticité* notablement supérieure, et plus rapprochée du point de rupture, que celle des aciers au carbone ou au manganèse. Si nous prenons pour exemple les chiffres d'expériences fournis par les usines de Saint-Étienne, *à 154 dix-millièmes* (tableau n° 6), nous trouvons que la limite est à *47,8 kg* par millimètre carré, ce qui représente *70 0/0* de la charge de rupture, qui est de *67,9 kg*. Si l'on examine cette

même particularité pour les *aciers Hadfield* (tableau n° 7), on trouve que la limite d'élasticité est également entre 70 et 75 0/0 de la charge de rupture.

2° Cette limite d'élasticité élevée n'est point exclusive de l'allongement, qui atteint aisément 22 à 25 0/0. C'est là incontestablement une qualité précieuse.

3° On verra, sur le tableau n° 7, que les essais faits par M. Hadfield donnent des résultats qui se rapprochent beaucoup de ceux provenant des essais de Saint-Étienne. On peut, cependant, constater sur les allongements des différences assez notables, provenant de ce fait que les barrettes d'essai employées par M. Hadfield ont seulement *50 mm* de longueur, au lieu de *100 mm* dans les essais de Saint-Étienne.

4° En ce qui concerne la *faculté de trempe*, les aciers au silicium paraissent être sérieusement influencés par la trempe. Mais il n'en résulte pas que le *silicium* puisse être considéré comme étant la cause de cette faculté de trempe. On remarquera, en effet, en étudiant la composition chimique des aciers, que les proportions de carbone et de manganèse augmentent parallèlement à celle du silicium; nous pensons que c'est principalement à la présence de ces deux corps que doit être attribuée la faculté de tremper énergiquement. Il faut ajouter que, dans ces aciers trempés, la limite élastique est encore plus rapprochée du point de rupture; on pourra constater, dans les aciers Holtzer (tableau n° 6) les résultats suivants sur aciers trempés :

Limite d'élasticité, 107 *kg*;
Charge de rupture, 120 *kg*;
Allongement, 10,590.

Dans ce cas particulier, la limite élastique représente 89 0/0 de la charge de rupture.

Nous insistons particulièrement sur les avantages de cette limite élastique élevée, pour des aciers dont l'allongement est encore notable. C'est là, à notre avis, un avantage très sérieux des aciers contenant du silicium.

H. — Aciers au silicium. Aciers coulés.

En 1878, les usines de Terrenoire avaient présenté des études assez complètes sur les aciers au silicium employés à l'état d'*aciers coulés*.

J'ai fait personnellement, à la date du 4 mai 1877, une communication à la Société des Ingénieurs Civils sur cette question spéciale; je n'y reviendrai donc pas longuement aujourd'hui, je me limiterai à quelques observations qui me paraissent devoir rentrer dans le cadre du présent travail.

Si l'on reprend les diagrammes d'une part, et de l'autre le tableau n° 6, on pourra faire les observations suivantes sur les aciers au silicium à l'état coulés.

1° Cet acier essayé *à l'état coulé* donne des limites élastiques et des résistances à peu près normales, mais un allongement minime. On peut dire que, dans cet état naturel, ces aciers *ne sont pas utilisables*. Leur état cristallin est la cause de cette infériorité de qualité.

Mais, *après trempe*, ces aciers retrouvent des qualités à peu près identiques à celles des aciers au carbone ou au manganèse, aussi bien au point de vue de la résistance qu'à celui de l'allongement.

On peut donc utiliser l'acier au silicium, *à l'état coulé*, sans martelage ni laminage, à la condition *de le recuire ou de le tremper*, ceci étant indispensable pour restituer au métal les propriétés physiques nécessaires.

Il faut remarquer que la présence du silicium dans l'acier, même en minime proportion, présente cette particularité précieuse *de donner un acier compact, sans soufflures*, possédant la densité du métal forgé, et aussi pouvant acquérir toutes les propriétés physiques de celui-ci, après trempe ou recuit.

A la suite de cette constatation, en 1878, on avait reconnu que cet acier au silicium était essentiellement applicable à la fabrication des pièces moulées en acier, et depuis cette époque, cette pratique est devenue courante dans toutes les aciéries françaises, ainsi qu'on a pu le constater par le compte rendu des diverses Expositions depuis 1870.

Il nous reste à rectifier sur cette question une des affirmations contenues dans notre communication du 4 mai 1877. Nous avions dit, que l'*acier, lorsqu'il est sans soufflures, tient toutes ses propriétés de sa composition chimique, qu'il peut acquérir ces propriétés par la trempe convenablement pratiquée, que le travail de forgeage ou de martelage n'ajoute rien ni à sa résistance ni à son allongement*.

Je dois reconnaître que cette affirmation n'était pas la vérité absolue; il est bien vrai que, par la trempe, convenablement pratiquée, on développe notablement les qualités physiques des aciers; mais il paraît évident qu'un travail mécanique de lami-

nage ou de forgeage amène, dans les propriétés physiques, une amélioration encore plus considérable.

Il n'en reste pas moins établi, qu'au point de vue des *pièces moulées*, l'acier au silicium est un métal d'une très grande utilité, et que notre collègue, M. Pourcel, en s'attachant avec persévérance à l'étude spéciale de ce métal, a fait une œuvre utile au premier chef.

Il resterait encore beaucoup de choses à dire sur cette intéressante question de l'acier au silicium; les travaux de M. Hadfield présenteraient notamment une étude spéciale; on trouvera son mémoire dans les publications de *l'Iron and steel Institute*, et on le lira certainement avec le plus grand intérêt. Nous devons ajouter que notre savant collègue, M. Jordan, a fait, récemment, une intéressante communication à la Société d'Encouragement sur cette question des études de M Hadfield.

Il nous reste à mentionner, en ce qui concerne cet acier au silicium, un fait intéressant au point de vue métallurgique. Il y a un certain nombre d'années les Compagnies des chemins de fer français constataient que certains bandages de locomotives, de fabrication anglaise, étaient d'une qualité bien supérieure à la fabrication française; ils résistaient au choc dans des conditions très supérieures, et se comportaient sensiblement mieux à l'usage sur la voie.

Une étude sérieuse faite sur ces bandages, montra *qu'ils contenaient du silicium*; la même qualité ne tarda pas à être produite par les usines françaises.

Ici se pose une question : est-ce donc le silicium qui amène cette augmentation de résistance au choc, et cette résistance à l'usure?

Nous ne pensons pas que le silicium, en lui-même, soit un élément de résistance ou de durcissement; mais les lingots contenant du silicium sont *sans soufflures, ils sont absolument compacts, ils possèdent, avant tout travail mécanique, la densité complète.* Il résulte de cet état spécial, que le travail mécanique appliqué à la transformation de ce lingot en bandages, ou en toute autre pièce, laminée ou forgée, se traduit par une amélioration des propriétés physiques du métal. Il se produit, dans ce cas spécial, un fait analogue à celui que l'on peut constater dans le laminage des tôles minces, dans l'étirage des fils, etc.

Nous avons constaté un fait du même genre, lorsque nous

avons parlé des ressorts d'Allevard, qu'on amène à la texture nerveuse, par un étirage très énergique.

Ceci nous amène à répéter que le *travail mécanique*, pratiqué d'une manière rationnelle, amène toujours une amélioration dans les propriétés physiques du métal, acier ou fer.

J. — Chrome tungstène. — Aciers pour outils.

Cette catégorie d'aciers est principalement applicable aux qualités supérieures pour outils. On remarquera que les types figurant sur nos tableaux proviennent uniquement d'essais faits par MM. Jacob Holtzer, d'Unieux, et Turton, de Scheffield.

On remarquera encore que tous ces aciers prennent une trempe très énergique, c'est surtout cette qualité que l'on demande dans les aciers destinés à l'outillage. Après cette trempe, on donne un léger recuit et l'on réunit alors les deux propriétés de résistance au choc et de dureté.

K. — Aciers au cuivre.

Les aciers au cuivre n'ont été présentés aux Expositions que par MM. Jacob Heltzer et Cie. Les analyses de ces aciers n'ayant pas été publiées, nous ne connaissons pas les proportions de cuivre sur lesquelles on a opéré.

Les caractères principaux des échantillons que nous avons eus sous les yeux sont les suivants (tableaux nos 7 et 8) :

1° Tous ces aciers sont relativement doux, les allongements sont entre 22 et 25 0/0;

2° Les limites d'élasticité sont relativement élevées, elles varient de 31 à 35 *kg*, pour des résistances de 48 à 55 *kg*.

Cette condition, en ce qui concerne la limite d'élasticité, est assez favorable;

3° La trempe produit sur ces aciers une certaine modification des propriétés mécaniques, mais l'allongement n'est pas abaissé au-dessous de 15 0/0, ce qui semblerait indiquer qu'ils ne contiennent pas une grande proportion de carbone;

4° Il faut remarquer que, dans tous les cas, ces aciers prennent une contraction assez considérable, même après trempe; ce caractère spécial est celui des aciers doux.

L. — Aciers nickel-carbone.

Le nickel a pris, depuis plusieurs années, une place importante dans la fabrication de l'acier; les usines du Creusot et de Saint-Chamond ont pris successivement des brevets, l'un pour l'acier au nickel, l'autre pour l'acier nickel-chrome. Depuis lors, des études ont été faites par plusieurs usines, en vue de déterminer quelle est au juste l'influence du nickel sur les propriétés physiques des aciers; les résultats de ces études ont été publiés à l'occasion de l'Exposition de Lyon, ils sont reproduits sur les tableaux nos 8 et 9, en ce qui concerne les alliages *nickel-carbone*, et ont pris place dans les graphiques annexés au présent mémoire; et nous paraissent devoir donner lieu aux quelques observations qui vont suivre :

1° Les résultats d'essais donnés par MM. *Jacob, Holtzer et Cie*, indiquent que les aciers produits avec addition de nickel présentent les caractères suivants :

1° Limite d'élasticité très élevée, 75 à 80 0/0 de la charge de rupture;

2° Charge de rupture élevée, variant de 61 *kg*, pour la teneur de 3 0/0 de nickel, à 78 *kg* pour la teneur de 25 0/0;

3° Allongements généralement élevés comparativement aux charges de rupture, variant de 19 à 24,5 0/0;

4° Striction également élevée, suivant une progression à peu près analogue à celle des allongements;

5° La trempe a pour résultat d'augmenter les charges de rupture dans une proportion à peu près identique à celle de la teneur en nickel, à l'exception toutefois de l'acier à 25 0/0 de nickel, qui paraît un des moins sensibles à la trempe.

Il faut dire cependant que MM. Jacob Holtzer, ne donnant point l'analyse complète de leurs aciers, on ne connaît pas exactement la proportion de carbone contenue dans les échantillons donnés à l'essai, et il est difficile, par suite, de bien faire la part du nickel dans les résultats obtenus.

Disons, toutefois, que ces aciers Holtzer, au nickel, sont d'une qualité remarquable.

Les usines de *Saint-Étienne*, en vue de dégager d'une manière aussi précise que possible l'influence du nickel, présentent une série de 10 expériences, dans lesquelles le nickel varie de *2,50 à 25 0/0*, tous les autres éléments étant réduits à leur minimum.

Ces données du problème sont vérifiées par des analyses, et les résultats sont les suivants (tableau n° 8) :

1° *Jusqu'à 7,54 0/0 de nickel* acier de qualité très remarquable. Limites d'élasticité élevées. Charge variant de *43 à 60 kg*, avec des allongements de *27,9 à 21,2 0/0*. La trempe augmente notablement les charges de rupture, sans rendre les aciers trop fragiles; en un mot, nous le répétons, acier de bonne qualité, pouvant dans certains cas, être employés de la manière la plus avantageuse;

2° *De 10 à 23 0/0 de nickel*, on obtient des aciers trop durs, charge de rupture élevée, allongements assez réduits, nous ne voyons pas d'emploi pour ces aciers;

3° *A 25 0/0 de nickel* on retrouve des qualités d'acier sensiblement différentes; la charge de rupture diminue notablement, l'allongement augmente, et la trempe n'agit sur l'acier que d'une manière très limitée. Voici d'ailleurs les résultats sur l'acier à 25 0/0 de nickel :

	Naturel.	Trempé.
Limite d'élasticité . . .	54,4 *kg*	53,9 *kg*
Charge de rupture . . .	102,4	112,6
Allongement	16,4 0/0	17,5 0/0
Contraction	54,3	36,4

On conclura que *l'acier trempé* peut être employé avec tout autant de sécurité que l'acier non trempé.

Ce dernier point étant éclairci, en ce qui concerne l'influence du *nickel seul*, on a fait une deuxième série d'essais sur des aciers contenant *2,50 0/0 de nickel*, le carbone variable de *10 à 100 dix-millièmes* (tableau n° 9).

Il suffit d'examiner ce tableau pendant quelques instants, pour reconnaître que jusqu'à la teneur de 50 dix-millièmes en carbone, les aciers sont d'excellente qualité, mais que l'augmentation de la teneur en carbone produit sur les aciers un effet de durcissement qui nous paraît devoir être un obstacle à l'emploi dans bien des cas.

Une troisième série d'essais a été faite avec un dosage de *15 0/0 de nickel, carbone variable de 10 à 100 dix-millièmes.* Un simple coup d'œil sur le tableau n° 10 montrera l'impossibilité d'obtenir, avec ce dosage, un acier pratiquement applicable à une fabrication exigeant les moindres conditions de résistance au choc; ces aciers sont trop durs, les allongements ne dépassent pas

100/0, et vont en diminuant jusqu'à 3 0/0, parallèlement à l'augmentation du carbone; il faut donc admettre que *l'existence simultanée du carbone et du nickel* donne des aciers d'une dureté excessive, ou, tout au moins que le nickel et le carbone ne peuvent co-exister dans l'acier qu'à la condition de se trouver réunis dans certaines conditions inconnues jusqu'ici. Ces mêmes aciers à 15 0/0 de nickel, soumis à une *deuxième trempe*, avec chauffage lent, donnent des résultats un peu moins mauvais, mais l'allongement nous paraît encore insuffisant.

Les usines de Saint-Étienne ont fait une quatrième série d'essais, avec 25 0/0 de nickel, et une addition de carbone variant de 10 à 100 dix-millièmes.

Il semblerait qu'on soit arrivé, dans cet essai, aux proportions les plus favorables entre le nickel et le carbone. Cette série de dix expériences nous paraît mériter un examen attentif; voici les conclusions qui ressortent de cette étude (tableau n° 10) :

1° Les deux premiers essais, avec doses très minimes de carbone, donnent des limites d'élasticité élevées *(46 à 57 kg)*, avec des charges de rupture de *104 kg*, des allongements de *15,8 à 22 0/0*, et une contraction de *53 à 59 0/0*. Ce sont là des résultats remarquables; jusqu'à ce jour, on n'a rien obtenu s'en rapprochant.

2° A partir du dosage de *18 dix-millièmes de carbone*, les résultats sont sensiblement modifiés, et il apparaît clairement que la présence du carbone, associé à cette proportion de 25 0/0 de nickel, contribue à augmenter la ductilité de l'acier; voici, en effet, ce que deviennent les résultats (tableau n° 10) :

Limites d'élasticité. . . .	de 28 *kg* à 29,6 *kg*
Charges de rupture. . . .	de 65,9 à 78,4 *kg*
Allongements.	de 34,5 à 45,2 0/0
Contractions.	de 55,3 à 67,2 0/0

Ce sont là des aciers de qualité excellente auxquels on ne saurait reprocher qu'une limite élastique un peu basse.

3° On remarquera enfin que la trempe est restée absolument sans effet sur ces aciers. Nous verrons un peu plus loin qu'en faisant varier les conditions de trempe, on peut arriver à de très sérieuses modifications dans les résultats.

M. — Aciers nickel-chrome.

On avait eu occasion de remarquer, en étudiant les diverses combinaisons ci-dessus mentionnées, que le chrome avait montré de très précieuses qualités lorsqu'il était introduit dans les aciers à certaines doses ; les usines de Saint-Étienne ont pensé, par suite, qu'il devait être fort intéressant de rechercher quelles seraient les propriétés d'un acier contenant tout à la fois *du nickel et du chrome* (tableau n° 11). Il a donc été fait une série de dix essais avec un dosage constant de 250 dix-millièmes de nickel, le chrome variant de 25 à 250 dix-millièmes.

Les aciers provenant de cette série d'expériences peuvent donner lieu aux observations suivantes :

1° Jusqu'à la dose de 140 dix-millièmes de chrome, les aciers, tout en présentant une limite d'élasticité relativement élevée, conservent encore un certain allongement. Voici, d'ailleurs, les chiffres :

	29 dix-millièmes de chrome	140 dix-millièmes de chrome
Limite élastique. . . . . *kg.*	30,0	49,5
Charge de rupture	43,5	70,0
Allongement 0/0	28,5	19,0
Contraction.	73,0	60,7

2° Pour les doses de chrome supérieures à 140 dix-millièmes, les aciers deviennent très durs, ainsi qu'on en pourra juger par les chiffres suivants (tableau n° 11) :

	171 dix-millièmes de chrome.	280 dix-millièmes de chrome.
Limite élastique. . . . . *kg.*	86,0	138,5
Charge de rupture.	102,3	168,9
Allongement 0/0	11,0	2,5
Contraction.	56,9	17,5

3° La trempe ne manifeste qu'une influence limitée sur ces aciers, *influence d'autant moins sensible que la proportion de chrome est plus considérable.*

4° Si avant la trempe on fait subir à ces aciers *un recuit spécial, suivi d'un refroidissement lent*, on arrive à régulariser les propriétés

mécaniques, dans des conditions très remarquables, telles que les dix essais sont tous compris entre les deux extrêmes que voici :

	29 dix-millièmes de chrome.	280 dix-millièmes de chrome.
Limite élastique. . . . . *kg.*	30,3	56,7
Charge de rupture.	44,1	79,5
Allongement 0/0	29,0	19,5
Contraction.	73,2	66,0

Cette action *d'une simple opération de recuit* est un fait des plus remarquables, et l'on ne saurait méconnaître que cette série de dix essais, compris entre les deux points extrêmes que nous venons d'indiquer, représente une moyenne de qualité tout à fait inconnue jusqu'alors.

Il a paru utile de faire une nouvelle série d'essais, en augmentant notablement la proportion du nickel, qui a été portée à *2,500 dix-millièmes*, le chrome restant à la dose de 25 à 250 dix-millièmes (tableau n° 12).

Sur cet ensemble de dix expériences, dont tous les résultats sont excellents, on remarque, à un certain point de la série, une limite inférieure ; puis, à partir de cette limite, on constate une série de résultats ascendants ; c'est un résultat analogue à celui constaté dans une série antérieure, et les chiffres ci-dessous préciseront la situation.

	25 dix-millièmes de chrome.	165 dix-millièmes de chrome.	225 dix-millièmes de chrome.
Limite élastique . . *kg.*	41,9	23,0	41,5
Charge de rupture. . .	96,2	59,9	78,5
Allongement . . . 0/0	19,8	40,6	33,0
Contraction	56,4	68,5	61,9

Tous ces résultats, nous le répétons, sont remarquables, et l'augmentation dans la faculté d'allongement, à un certain point de la série, est un fait curieux.

N. — **Aciers nickel-silicium.**

Nous avons eu occasion de remarquer dans le cours de cette étude sur les diverses qualités d'acier, combien est important le silicium, et quelle influence considérable ce corps peut avoir sur les propriétés physiques de l'acier.

Les usines de Saint-Étienne ont eu, sans doute, la même pensée, et ont fait une nouvelle série d'essais sur les effets du nickel combiné avec le silicium (tableau n° 11). (Nickel constant à 250 dix-millièmes, silicium variable de 100 à 500 dix-millièmes.)

Les aciers ainsi obtenus forment une série très régulière, dans laquelle l'allongement diminue régulièrement et parallèlement à l'augmentation de la dose de silicium ; la limite élastique et la charge de rupture suivant la marche inverse. Voici trois points de cette série :

	98 dix-millièmes de silicium.	196 dix-millièmes de silicium.	349 dix-millièmes de silicium.
Limite élastique . . *kg*.	49,6	65,0	98,2
Charge de rupture . . .	67,5	89,1	110,5
Allongement . . . 0/0	19,9	16,0	7,5
Contraction	52,2	38,2	25,0
Rapport entre la limite élastique et la charge de rupture	74,0	78,0	89,0

La première de ces trois catégories représente des aciers d'excellente qualité, qui pourraient trouver leur application avantageuse dans de nombreuses circonstances.

On pourra voir (tableau n° 11) que ces aciers contiennent, en général, une dose assez considérable de carbone et de manganèse ; il paraît probable que, s'il était possible de faire une réduction sensible sur ces deux éléments, et même aussi sur le silicium, on pourrait, vraisemblement, améliorer notablement les produits de cette série, au point de vue de l'allongement.

La trempe produit une modification importante dans les propriétés physiques de ces aciers. Ce fait est facile à expliquer par la présence simultanée du carbone, du manganèse et du silicium.

P. — Aciers nickel-chrome.
Recherches en vue d'une qualité spéciale.

Postérieurement à l'Exposition de 1894, dans les premiers mois de 1895, le problème suivant avait été posé à plusieurs usines, en vue d'une nécessité spéciale, dont nous ignorons encore aujourd'hui la nature :

« Réaliser un acier pouvant régulièrement répondre au programme suivant :

» Limite élastique : 40 à 45 *kg* ;
» Charge de rupture : 80 à 85 *kg* ;
» Allongement : 30 0/0 au minimum. »

On trouvera (tableau n° 11) une série d'essais entrepris dans le but d'arriver à la solution du problème ci-dessus mentionné.

Le dosage adopté fut celui de *2,500 dix-millièmes de nickel*, et *250 de chrome*.

Si l'on examine le résultat des neuf essais (tableau n° 11), on constatera que l'une des expériences, le n° 3, donnait :

54,7 *kg*	Limite d'élasticité.
73,8	Charge de rupture.
33,5 0/0	— d'allongement.
63,5 0/0	Contraction.

On était bien près de la solution, mais on l'avait obtenue un peu au hasard, et la question n'était pas considérée comme absolument résolue.

On reprit de nouveaux échantillons sur la coulée n° 6, qui furent soumis à des trempes spéciales, et l'on obtint les résultats suivants :

	Trempe n° 1.	Trempe n° 2.	Trempe n° 3.	Trempe n° 4.
	—	—	—	—
Limite élastique . . *kg*.	33,4	33,4	39,5	43,5
Résistance.	66,8	69,4	75,8	89,0
Allongement.	46,0	47,5	49,8	35,6
Contraction	66,6	71,2	61,6	57,0

On peut admettre que le problème est résolu, soit par la trempe n° 3, soit par celle n° 4; on peut choisir entre les deux solutions; la meilleure à notre avis serait celle donnée par la trempe n° 3, qui donne réellement un acier très remarquable.

Nous avons insisté sur cette dernière série d'expériences, qui nous paraît destinée à démontrer, d'une manière incontestable, combien les industriels français sont aujourd'hui en mesure d'aborder les solutions les plus irréalisables en apparence.

Il nous paraît devoir être évident, pour tous ceux qui examineront attentivement les documents qui précèdent, que toutes les solutions y sont contenues en germe; il paraît bien certain que les producteurs d'acier sont en mesure de répondre à tous les besoins de l'industrie, et à la hauteur des conceptions les plus hardies.

De plus en plus, les grandes entreprises sont à l'ordre du jour dans le monde entier; il y a quelques années, la construction du pont de Brooklyn, 500 *m* d'ouverture sans point d'appui intermédiaire, avec nécessité de livrer passage à d'importantes voies ferrées, soulevait tout à la fois l'étonnement et l'admiration; mais voici qu'il est aujourd'hui décidé, à New-York, de construire, sur l'Hudson, un pont à six voies ferrées de *982 m de portée*, sans point d'appui intermédiaire!

Il y a quelques années, M. Hersent, l'un de nos anciens présidents, et MM. Schneider et C^ie^, du Creusot, présentaient à la Société un projet de pont sur la Manche, avec travées de 500 *m* d'ouverture.

Si l'on tient compte de l'abondance actuelle des capitaux, on peut admettre que, vraisemblablement, tous ces grands projets arriveront un jour à réalisation, et nécessiteront l'emploi de matériaux très résistants, pouvant donner toute sécurité; nous croyons pouvoir ajouter qu'à l'heure actuelle, il n'y a pas la moindre inquiétude à avoir sur la possibilité de réaliser ce desideratum.

Nous croyons, en effet, qu'il est possible de trouver, dans la série des aciers dont nous venons d'expliquer les propriétés en grand détail, toutes les qualités dont on pourrait avoir besoin; le métal le plus doux à 30 0/0 d'allongement, avec lequel on doit construire les chaudières à vapeur, et aussi le plus dur, destiné à la fabrication des outils. Pour la construction des grands ouvrages d'art, ponts, viaducs, grands espaces couverts, etc., le constructeur peut être assuré, aujourd'hui, d'avoir à sa disposition des aciers à limite d'élasticité élevée, possédant en outre la garantie d'un allongement considérable.

Tous ceux qui voudront étudier, même sommairement, les documents qui précèdent, reconnaîtront que l'on peut obtenir, à l'heure actuelle, sans grande difficulté, des aciers réalisant les conditions suivantes :

Limite élastique.	40 à 45 *kg*
Charge de rupture	55 à 60
Allongement.	25 à 22 0/0
Striction	55 à 45

Mais, dira-t-on, à quels prix de tels produits seront-ils obtenus?

Nous pensons que, s'il s'agit des aciers dont nous venons de spécifier les qualités, la majoration de prix ne sera pas très con-

sidérable; nous avons vu, en effet, que *l'acier au silicium* peut donner des résultats analogues à ceux qui viennent d'être indiqués, et cela sans grande difficulté; or, il n'est pas bien difficile de s'assurer que le *ferro-silicium* est un produit de fabrication très connue, aujourd'hui, et dont le prix est relativement peu élevé.

Mais, d'autre part, on a dû constater que le nickel paraît tenir une place importante dans cette métallurgie nouvelle, et le nickel est un métal à prix très élevé, dira-t-on !

Pendant un certain temps, en effet, le nickel métal, de bonne qualité, était coté à 6 *f* le kilogramme, ce qui était un prix très élevé; mais, à l'heure actuelle, paraît-il, le prix de 3 *f* le kilogramme est devenu tout à fait courant, et il paraît certain que ce prix subira, dans un délai assez court, un notable abaissement.

Il paraît bien établi que les minerais de nickel sont abondants, que le monopole de fait, qui a existé pendant un certain temps, ne peut plus être maintenu, en présence des découvertes faites dans différentes régions; le prix des minerais deviendra donc, prochainement, plus abordable.

Ce qu'il faut réaliser aujourd'hui, c'est une métallurgie rationnelle et plus économique, appliquée à la transformation du minerai en nickel métal, et c'est là ce qui ne peut manquer de se produire dans un délai rapproché.

Il faut bien remarquer, d'ailleurs, que s'il a été fait des essais sur des aciers à 25 0/0 de nickel, cela était surtout à titre d'étude, et on n'a jamais songé à appliquer des éléments d'un prix aussi élevé, à autre chose qu'à des produits absolument exceptionnels.

Mais on trouvera dans la série des études détaillées plus haut des échantillons à *2,50 0/0 de nickel*, donnant des résultats remarquables, dont le prix serait très abordable.

Nous pensons donc que, pour les produits destinés à l'industrie des constructions civiles, on peut réaliser, à des prix abordables, des aciers donnant toutes les garanties désirables au point de vue de la résistance. Pour l'artillerie et pour la marine, canons, projectiles, blindages, les métallurgistes, qui sont en même temps constructeurs, ont bien su réaliser, nous croyons l'avoir établi dans le cours de ce travail, des métaux de qualité convenable.

VI

Conclusions.

Après avoir passé rapidement en revue les *faits industriels*, révélés par les Expositions universelles depuis l'année 1855 jusqu'à ce jour, après avoir constaté que, de cette étude des faits, résultait la mise en lumière des progrès considérables réalisés par l'industrie métallurgique pendant les quarante dernières années, nous avons recherché quelles pouvaient être les causes sérieuses, profondes, de ces progrès réalisés par les industriels français, qui ont été souvent de véritables initiateurs, et quelquefois des imitateurs habiles, n'hésitant pas à accepter les idées d'autrui, dans l'intérêt de leur industrie, et aussi pour le plus grand bien du pays.

Nous pensons, et nous croyons avoir établi par des faits nombreux, que l'esprit d'investigation scientifique, qui a pénétré dans l'industrie pendant les trente dernières années, a été pour beaucoup, pour la plus grande part, dans les progrès réalisés.

Nous venons de constater des faits assurément fort intéressants, quelques-uns sont très nouveaux, et entraîneront certainement des conséquences qu'il paraît possible de prévoir aujourd'hui ; à côté des diverses combinaisons dont nous venons de faire une étude détaillée, il en existe assurément d'autres qui nous sont inconnues, que les industriels n'ont point encore révélées ; et il paraît permis de se demander aujourd'hui, jusqu'à quel point il est possible de marcher dans cette voie d'une manière continue.

Avant de répondre à cette question, il faut bien remarquer que c'est principalement sur la composition chimique et sur les propriétés mécaniques des fers et aciers que les métallurgistes ont, jusqu'à ce jour, porté leur attention, et qu'il reste un champ très vaste pour de nouvelles études qui n'ont point été abordées jusqu'ici d'une manière suivie.

Toutes les questions qui touchent à l'état moléculaire du fer et de l'acier sont à peine connues des industriels, bien que depuis un certain nombre d'années, elles soient entrées dans le domaine de l'observation scientifique.

On se rappellera que, vers 1875, M. Chernoff, Ingénieur des mines en Russie, avait publié dans un journal anglais, l'*Enginee-*

ring, certaines études qui n'ont été connues en France qu'assez tardivement; vers la fin de l'année 1875, j'avais fait personnellement une communication sur cette question spéciale à la *Société de l'industrie minérale*, à Saint-Étienne.

Postérieurement, MM. Osmond et Werth ont développé et vulgarisé les idées primitives de Chernoff, et publié, sous le nom de *Théorie cellulaire*, des travaux d'un très grand intérêt.

D'autre part, les travaux de M. Osmond sont entrés, dans ces derniers temps, dans une voie toute nouvelle, et la *métallographie microscopique* est sans doute destinée à fournir aux industriels de nouveaux moyens d'investigation.

Ainsi donc, après avoir eu l'analyse chimique comme méthode fondamentale de la genèse des aciers, on arrivera, très probablement, dans un délai qui ne saurait être très long, à vérifier les résultats par les méthodes nouvelles, et notamment par la métallographie microscopique.

Ce mouvement sera vraisemblablement accéléré par une circonstance que nous croyons devoir mentionner ici. A la fin de l'année 1891, le ministre des Travaux publics a créé *une Commission d'essai des matériaux de construction*, composée des hommes les plus compétents en matière métallurgique, et dans laquelle un grand nombre de nos collègues ont trouvé place. Cette Commission a déjà traité de nombreuses questions, toutes très intéressantes, soit pour le présent, soit pour l'avenir de l'industrie; il est hors de doute qu'il sortira de ces études très bien dirigées, et très complètes, des éléments nouveaux de progrès pour notre industrie métallurgique.

Les questions si complexes relatives à la trempe; les moyens de déterminer d'une manière précise les températures auxquelles sont soumis les métaux dans le cours des opérations métallurgiques; tous les procédés d'essais par traction, par choc, par flexion, etc.; les rapports entre la composition chimique et la résistance électrique du fer et de l'acier; toutes ces questions étudiées par des hommes savants et expérimentés, recevront des solutions rationnelles, et il en résultera certainement de nouveaux éléments de progrès pour l'industrie. Aussi sommes-nous disposés à penser que les métallurgistes français n'en sont point encore à s'arrêter dans la voie féconde où ils sont entrés depuis vingt ans, le passé nous paraît, à cet égard, une garantie pour l'avenir.

Nous avons examiné et exposé en détail les progrès techniques

réalisés, pendant les quarante dernières années, par les usines métallurgiques françaises ; il nous paraît intéressant, à l'heure actuelle, d'entrer dans quelques détails au point de vue économique, et de rechercher quels sont les avantages que le pays, dans son ensemble, a pu et dû trouver dans cette marche progressive.

On trouvera ci-contre *un tableau résumé de la production métallurgique française, de 1853 à 1894 ;* ce tableau est établi d'après la statistique officielle du Ministère des Travaux publics ; nous avons indiqué les détails de cette production aux dates qui nous ont servi de points de repères dans l'étude qui précède : cela nous a paru nécessaire pour établir un lien positif entre le point de vue purement industriel et les résultats économiques.

Voici les quelques observations qu'il nous paraît indispensable de formuler sur les résultats inscrits au tableau dont il vient d'être question.

1° En ce qui concerne *la production des fontes*, elle a augmenté pendant la période indiquée, *dans la proportion de 100 à 315.* Voici les chiffres exacts :

Production totale en 1853.	660 934 *t*
— en 1894.	2 077 647

2° Cette augmentation considérable dans la production provient presque en totalité du département de Meurthe-et-Moselle, dont la production a suivi la progression suivante :

Année 1853	68 245 *t*
— 1868	218 820
— 1878	440 468
— 1894	1 284 472

3° En même temps que la quantité produite augmentait dans la proportion que nous venons de constater, les conditions économiques s'amélioraient notablement ; on en pourra juger par les chiffres que voici :

				Sommes totales
1853. .	660 934 *t* fonte.	Prix moyen,	165 *f.* .	110 200 000 *f*
1867. .	1 203 903 —	—	93	112 200 000
1878. .	1 521 274 —	—	88	134 050 000
1893. .	2 077 647 —	—	55,50	115 610 000

Production des usines métallurgiques françaises de 1853 à 1894.

	1853	1867	1878	1894
Fontes :	Tonnes	Tonnes	Tonnes	Tonnes
Fontes au coke.	326.506	921.900	1.404.843	2.058.299
Fontes au bois.	292.428	193.928	75.415	7.153
Fontes mixtes	42.000	87.875	41.016	12.195
TOTAL DES FONTES.	660.934	1.203.703	1.521.274	2.077.647
PIÈCES MOULÉES EN FONTE. .	»	»	»	542.029
Fers :				
Fers en barres. (Puddlage).	350.029	695.516	623.836	576.695
Rails. . . . . —	94.669	208.786	52.172	536
Tôle. . . . . —	49.112	82.219	106.840	103 684
Fers au bois et mixtes. . . .	100.860	73.725	34.870	8.869
Tôles au bois et mixtes . . .	15.415	18.685	26.394	1.760
Réchauffage vieux fers . . .	»	»	»	306.607
TOTAL DES FERS LAMINÉS .	610.085	1.078.941	843.112	808.171
Aciers :				
Aciers Bessemer . . Barres.	»	9.647	43.660	174.139
— . . Rails. .	»	»	183.682	186.738
— . . Tôles.	»	»	12.597	48.721
Aciers Siemens-Martin. Barres.	»	»	»	129.520
— Rails .	»	»	»	565
— Tôles .	»	»	»	96.437
Aciers puddlés cémentés, etc.	25.903	25.717	21.299	15.443
Aciers fondus au creuset. . .	6.649	5.209	7.943	11.601
TOTAL DES ACIERS LAMINÉS.	22.552	40.573	269.181	663.264
TOTAL DES FERS ET ACIERS LAMINÉS.	632.639	1.119.514	1.112.293	1.471.435

On peut donc constater ce résultat, véritablement curieux, qu'en 1894, *on produit trois fois autant de fonte qu'en 1853, et la dépense totale est presque la même;* 110 200 000 *f* d'un côté, et 115 610 000 *f* de l'autre.

Tous les prix de revient sont extraits de la *Statistique officielle;* nous avons quelque raison de penser que les prix de revient industriels, réels, présenteraient encore un avantage plus considérable au point de vue du présent. On remarquera que nous indiquons les prix pour *1893*, la statistique de 1894 n'ayant pas encore été publiée.

5° On remarquera que sur *660 934 t* de fontes produites en 1853, *334 428 t* représentaient de *la fonte au bois ou mixte*, évaluée au prix de 246 *f* et 172 *f* la tonne; c'est ce qui explique le prix de revient moyen très élevé de 1853.

Mais il n'en reste pas moins ce fait important, au point de vue industriel, que la fonte au bois a disparu, que le prix de revient des fontes a été *réduit au tiers* de ce qu'il était en 1853, et qu'il y a eu, cependant, *amélioration dans la qualité des produits.* On pourra trouver, dans les développements qui précèdent, l'explication de cet important résultat.

6° Naturellement, cette différence sur le prix des fontes se retrouve dans les produits finis; voici d'après les statistiques officielles quels sont les chiffres comparatifs :

	En 1853	En 1893
Fers en barres	300 *f*	161 *f*
Rails en fer	262,50	185,50
Tôles en fer	433	224
Fers au bois	420	300
Tôles au bois.	553	400

7° La fabrication *des rails en fer* a complètement disparu en 1894, elle est remplacée par *486 938 t de rails d'acier.*

Il faut remarquer que la fabrication des rails d'acier a commencé à devenir régulière à partir de 1868, et que, de cette date à la fin de 1894, il a été produit et livré aux Compagnies de chemins de fer *4 640 000 t* de rails d'acier, soit une moyenne annuelle de *178 000 t*; il faut remarquer, toutefois, que pendant quelques années, la fabrication a été beaucoup plus considérable; c'est ainsi qu'en 1884, on a produit *371 432 t* de rails d'acier, et en 1885, *356 209 t.*

L'emploi de ces rails d'acier a constitué, pour les chemins de fer français, une économie considérable qui peut se traduire comme suit :

On peut admettre en principe *qu'un rail d'acier résiste à l'usure trois fois plus qu'un rail en fer;* en partant de ce fait, qui paraît généralement admis, voici quels sont les prix comparatifs pour les Compagnies de chemins de fer :

Trois tonnes rails en fer à 190 *f* représentent . . .	570,00 *f*
2 700 *kg* rails usés à reprendre à 175 *f*.	202,50
La dépense pour 3 000 *kg* rails en fer est de. .	367,50 *f*
1000 *kg* rails d'acier à 150 *f* représentent.	150,00 *f*
900 *kg* rails usés à reprendre à 75	67,50
La dépense pour 1000 *kg* rails d'acier est de .	82,50 *f*

Ainsi donc, toutes les fois que les Compagnies de chemins de fer emploient 1000 *kg* de rails d'acier, elles réalisent une économie de 285 *f*; si l'on multiplie ce chiffre par les 4 640 000 *t* livrées de 1868 à 1894, on arrive à une économie représentant, en nombre rond, *1 325 000 000 f* en 26 ans, soit plus de *50 millions par an*.

Il faudrait ajouter à ce chiffre les frais de réfection des voies, représentant une dépense considérable, qu'on évalue à *15 000 f par kilomètre*, ce qui ajouterait encore une somme de 25 millions environ à l'économie occasionnée par l'emploi des rails d'acier.

8° La fabrication totale de l'acier, qui était de 269 181 *t* en 1878 est passée en 1894, à 663 264 *t*; cette augmentation s'explique très bien par l'addition des aciers obtenus par le procédé *Siemens-Martin*, et aussi par la mise en pratique du procédé *Thomas Gilchrist* (Bessemer Basique).

Si l'on étudie en détail ces documents statistiques, on peut arriver à reconnaître que la fabrication de l'acier en 1894, doit se répartir comme suit ou à peu près :

Procédé Bessemer acide	186 938 *t*
» » Basique	222 860
Procédé Siemens-Martin	226 422
Aciers cémentés, puddlés, fondus.	27 044
TOTAL . . .	663 264 *t*

9° On remarquera que les statistiques du ministère des Travaux publics ne donnent aucun renseignement précis sur la fabrication des pièces moulées en acier, pas plus que sur tous les produits livrés aux ministères de la Guerre et de la Marine; il faut cependant bien tenir compte de ces produits spéciaux qui ont pris, depuis 25 à 30 ans, une place importante dans les usines françaises, et ont donné lieu à des progrès de fabrication que nous avons exposés en détail, dans la première partie de ce travail.

Nous pensons donc qu'il y a lieu de tenir compte de ces produits dans l'ensemble de la production des usines, que nous résumons comme suit :

Production du fer	808 171 *t*	à	185 *f*	152 000 000 *t*
Production de l'acier. . . .	663 264	à	200	132 000 000
Moulages en fonte	542 037	à	215	116 721 496
Moulages en acier	10 000	à	750	7 500 000
Canons, projectiles, blindages	15 000	à	2 320	35 000 000
PRODUCTION TOTALE. . .	2 038 472 *t*		215 *f*	443 221 496 *t*

Nous ne pouvons donner que par approximation les chiffres relatifs aux moulages d'acier et aux fournitures militaires; nous pensons que les chiffres inscrits par nous sont sensiblement au-dessous de la vérité.

Nous pensons également que, pour les aciers fondus au creuset, les chiffres de la statistique ne représentent pas la valeur réelle, et qu'il faudrait majorer ce chiffre d'une manière sensible.

Nous ne trouvons pas davantage dans cette statistique, les fils de fer, fils d'acier, pièces de grosse forge, etc. Nous pensons donc que la production totale métallurgique peut être évaluée à *460 millions de francs*, en nombre rond.

Si maintenant on se demande quelle est la somme que représentent les progrès de fabrication entre 1853 et 1894, on peut répondre à cette question de la manière suivante :

Sur les 843 112 *t* de fers produits en 1894, la réduction moyenne dans les prix de revient, comparativement à 1853, est de 150 *f* par tonne, soit.	126 000 000 *f*
Nous avons vu que la fabrication des rails d'acier donne aux Compagnies de chemins de fer un avantage minimum de	75 000 000
A reporter.	201 000 000 *f*

Report.	201 000 000 *f*
Sur la fabrication des pièces moulées en fonte, l'économie sur le prix de revient des fontes représente environ	25 000 000
	226 000 000 *f*

Les progrès de fabrication entre 1853 et 1894 représentent donc, à l'heure actuelle, une somme de 226 millions par an; et, nous le répétons, ces chiffres, établis d'après les statistiques officielles, sont plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité.

En résumé, nous avons établi, dans la première partie de ce travail, que, dans le cours des quarante dernières années, l'industrie métallurgique française avait réalisé des progrès considérables dans tous les détails de la fabrication; que ces progrès doivent être attribués, principalement, à la valeur du personnel dirigeant, qui a su s'assimiler et appliquer sans hésitation toutes les idées les plus nouvelles, et qui, souvent, est devenu lui-même initiateur.

Nous venons de voir que les résultats, au point de vue financier, confirment ces appréciations purement techniques, et nous croyons pouvoir conclure et répéter ici que l'industrie métallurgique française a été largement à la hauteur de tous les besoins du pays.

Peut-être pourrait-il être utile, à l'heure actuelle, de se demander ce que réserve l'avenir à cette industrie? On ne saurait méconnaître qu'il existe présentement une certaine préoccupation dans les esprits; d'une part, le débouché se trouve sensiblement restreint par suite d'une situation générale peu favorable; et, d'un autre côté, la production paraît avoir une certaine tendance à se développer, notamment dans le département de Meurthe-et-Moselle. Ces deux faits, contradictoires, sont bien de nature à jeter une certaine inquiétude chez les intéressés.

Nous comprenons ces inquiétudes, mais nous pensons qu'il n'y a pas lieu de les exagérer; il y a développement prévu de certaines usines, cela est certain; il est également incontestable que la lutte entre le fer et l'acier constitue un élément de perturbation; mais, si l'on examine les faits qui se sont produits dans le passé, on verra que le mieux est encore d'envisager cette question avec un grand calme; c'est bien le cas de répéter ici que la peur du mal a plus d'inconvénients que le mal lui-même.

Si l'on examine le tableau qui précède, sur lequel est inscrite la marche générale de l'industrie métallurgique entre les années 1853 et 1894, on y observera certains faits du passé qui paraissent assez encourageants pour l'avenir.

On pourra remarquer, notamment, qu'entre les années 1867 et 1878, la production totale a été stationnaire : *1 119 514 t* en 1867, *1 112 293 t* en 1878. L'acier gagne 269 181 *t* qui sont perdues pour la fabrication du fer. Et cependant cette période n'a pas été mauvaise, d'une manière générale, pour la métallurgie.

Entre 1878 et 1894, la fabrication de l'acier est en augmentation notable : elle passe de *269 181 t* à *663 264 t*; qu'advient-il du fer? La production reste à peu près la même en 1894 qu'en 1878, et, en résumé, la production totale, fer et acier, était passée de *1 112 293 t* à *1 471 435 t*, en augmentation de 359 142 *t*. Est-ce là une situation bien décourageante?

Il est un autre fait également certain : c'est que, durant la période 1885-1894, les cours des fers et des aciers ont été mieux tenus que durant les années antérieures; la lutte a été moins vive entre les producteurs, et cela malgré le développement notoire de la production de l'acier.

La fabrication du métal fondu se développera, cela est certain; elle empiétera peu à peu sur celle du fer, cela est encore inévitable; mais ce mouvement ne sera pas instantané, et d'ailleurs rien n'empêche certaines usines à fer de laminer du métal fondu.

Lorsqu'on examine les documents officiels, il est bien facile de constater qu'en 1894 il a été laminé, dans les différentes régions métallurgiques, une quantité notable de métal fondu, provenant des aciéries de Meurthe-et-Moselle. Pourquoi ce mouvement ne serait-il pas développé dans l'avenir?

Il faut bien admettre qu'on sera, sur bien des points, obligé de faire une évolution, mais il paraît certain qu'on aura le temps de la faire, et qu'on ne sera pas pris au dépourvu.

La situation des Sociétés métallurgiques, envisagée d'une manière générale, a été notablement améliorée depuis un certain nombre d'années. Les Conseils d'administration ont généralement compris, que la véritable sauvegarde d'une situation industrielle, quelle qu'elle soit, réside surtout dans une bonne situation financière; aussi, a-t-on pu constater que, depuis 25 à 30 ans, presque toutes les Sociétés ont fait des amortissements considérables. Lorsqu'on cherche à se rendre compte de ce qui a pu être fait dans ce sens, on arrive à reconnaître que, pendant les trente

années écoulées entre 1865 et 1895, il a été amorti, sur les dépenses de créations d'usines et de réfections d'outillages, une somme de *350 à 400 millions*, prélevés sur les bénéfices. Ces chiffres nous paraissent plutôt au-dessous qu'au-dessus de la vérité, et il nous a paru important de les signaler.

Il faut être bien convaincu que les seules industries qui disparaissent sont celles qui n'ont pas eu un souci suffisant de leur situation financière; les autres se transforment; et cela est toujours possible avec de la prévoyance et des moyens financiers.

Nous avons donc confiance dans l'avenir de l'industrie métallurgique en France, et nous ajouterons qu'elle-même a montré une très grande et très solide confiance dans l'avenir, lorsque, en 1891, elle a créé une *caisse syndicale d'assurance mutuelle contre les accidents du travail;* lorsque, plus récemment encore, en 1894, elle créait *une caisse syndicale de retraites pour les ouvriers*. Il faut bien le dire, d'ailleurs, la préoccupation du bien-être des classes ouvrières est l'un des caractères principaux de l'industrie métallurgique française.

Les origines de cette industrie sont anciennes, elles remontent à cette vieille industrie familiale des forges au charbon de bois, dans lesquelles l'ouvrier travaillait toujours à la tâche, homme libre, pour ainsi dire, sous la direction paternelle du propriétaire.

Il n'est presque pas une seule de nos usines qui ne puisse retrouver son origine dans ces anciennes petites forges dont les traditions ont survécu; ces origines ont laissé des traces profondes qui ont influé sur l'organisation actuelle, organisation satisfaisante, si l'on considère que les conflits entre patrons et ouvriers sont extrêmement rares dans cette industrie.

En résumé, nous avons constaté dans cet exposé, peut-être un peu trop étendu, que les Expositions universelles successives, depuis 1855, ont mis en pleine lumière les progrès remarquables réalisés dans l'industrie métallurgique, entre les années 1855 à 1894. Nous avons analysé les causes qui nous paraissent avoir amené ces progrès, et nous avons trouvé dans les intelligentes études du personnel des usines, à tous les degrés, l'explication bien naturelle de cette marche progressive.

Les résultats économiques de cette marche industrielle, que nous avons examinés ensuite, nous ont montré, d'une manière indiscutable, que tous les efforts, tous les travaux des chefs de l'industrie métallurgique ont amené un résultat sérieux, qui se

traduit, à l'heure actuelle, par de notables avantages, pour l'ensemble du pays.

Nous avons enfin indiqué les raisons qui nous font espérer que malgré quelques inquiétudes présentes, de beaux jours sont encore réservés à cette grande industrie.

Peut-être quelques personnes trouveront ces pages empreintes d'un certain optimisme et d'une bienveillance exagérée; dans tous les cas, celui qui écrit ces lignes est d'avis que, lorsqu'il s'agit d'une de nos grandes industries nationales, une légère teinte de chauvinisme vaut mieux que le scepticisme systématique.

Aujourd'hui, en dehors de la bataille industrielle, je trouve personnellement une très réelle satisfaction à rendre à mes anciens collègues, restés mes amis, la pleine et entière justice que méritent leurs remarquables travaux, et les services rendus au pays.

TABLEAU N° 1.

Aciers Bessemer.		C	Mn	Si	S
1867, Neuberg (Styrie).	1	10	»	»	»
	2	15	»	»	»
	3	38	»	»	»
	4	62	»	»	»
	5	88	»	»	»
	6	112	»	»	»
1867, Fagersta (Suède).	1	30	»	»	»
	2	30	»	»	»
	3	30	»	»	»
	4	60	»	»	»
	5	60	»	»	»
	6	60	»	»	»
	7	90	»	»	»
	8	90	»	»	»
	9	90	»	»	»
1878, Comptoir Suédois.	1	10	15	3	1/2
	2	23	27	2	1/2
	3	30	24	2	1/2
Mêmes aciers recuits avant trempe.	1	10	15	3	1/2
	2	23	27	2	1/2
	3	30	24	2	1/2
1878, Motala (Suède).	1	10	15	3	1/2
	2	17	22	2	traces
	3	23	27	2	1/2
	4	25	21	2	1
	5	30	24	2	1
1878, Iggesund (Suède).	1	10	10	2	2
	2	15	11	2	2
	3	18	18	1/2	2
	4	25	25	4	2
	5	30	36	4	2

TABLEAU N° 1.

...UE ...IES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
	»	»	40,00	30,0	»	»	»	»	»
	»	»	48,42	25,5	»	»	»	»	»
	»	»	56,49	17,0	»	»	»	»	»
	»	»	72,63	12,5	»	»	»	»	»
	»	»	88,77	7,5	»	»	»	»	»
	»	»	104,72	5,0	»	»	»	»	»
	»	»	44,5	19,4	48,5	»	»	»	»
	»	»	47,0	10,0	46,7	»	»	»	»
	»	»	52,0	19,2	33,0	»	»	»	»
	»	»	61,0	6,9	10,5	»	»	»	»
	»	»	67,5	16,4	14,7	»	»	»	»
	»	»	71,0	12,4	18,1	»	»	»	»
	»	»	64,5	4,1	5,6	»	»	»	»
	»	»	70,0	19,2	13,7	»	»	»	»
	»	»	76,0	15,7	21,7	»	»	»	»
	»	20,9	36,0	28,0	58,28	26,0	65,5	19,5	27,74
	»	21,9	42,2	27,0	46,30	24,7	62,7	14,6	41,73
	»	21,9	49,3	23,2	42,53	26,6	65,4	12,5	19,95
	»	16,4	33,6	36,0	62,77				
	»	17,8	37,2	31,0	57,35				
	»	18,9	44,2	31,0	43,45				
	»	18,25	35,35	38,50	60,73				
	»	15,55	34,75	32,50	57,84				
	»	18,30	37,80	30,50	57,08				
	»	24,40	40,30	30,90	53,32				
	»	19,60	42,55	30,35	46,15				
	»	15,50	34,60	33,15	64,17				
	»	18,00	40,20	29,50	52,80				
	»	19,90	39,60	30,75	55,58				
	»	21,35	45,10	28,75	49,08				
	»	20,30	48,95	27,55	44,67				

ABRÉVIATIONS EMPLOYÉES

C Carbone.
Mn Manganèse.
Si Silicium.
Ph Phosphore.
Ni Nickel.
Chr Chrome.
L Limite d'élasticité.
R Résistance.
A Allongement.
C Contraction.

$$\frac{S - S'}{S} \times 100.$$

TABLEAU N° 2.

Aciers Bessemer.		COMPOSITION EN				
		C	Mn	Si	S	P
Carbone. — 1878, Huddeholm (Suède).	1	5	5	1/2	»	
	2	8	6	1/2	traces	
	3	10	11	1 1/2	traces	
	4	15	12	1 1/2	traces	
	5	18	12	2	traces	
Carbone. — 1878, Reschitza (Autriche).	1	11	»	»	»	
	2	24	»	»	»	
	3	44	»	»	»	
	4	70	»	»	»	
	5	90	»	»	»	
Carbone. — 1893, Bethléem (Chicago).	1	50	6	»	»	
	2	50	6	»	»	
	3	50	6	»	»	
	4	50	6	»	»	
	5	89	7	»	»	
	6	89	7	»	»	
	7	89	7	»	»	
	8	89	7	»	»	
Aciers Siemens-Martin.						
Carbone. — 1878, Terrenoire.	1	15	21	traces	traces	
	2	49	20	traces	traces	
	3	71	27	traces	traces	
	4	87	25	traces	traces	
	5	105	26	traces	traces	
Carbone. — 1889-1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	»
	2	»	»	»	»	»
	3	»	»	»	»	»
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	»
Carbone. — 1878, Reschitza.	1	11	»	»	»	»
	2	30	»	»	»	»
	3	56	»	»	»	»
	4	81	»	»	»	»
	5	93	»	»	»	

TABLEAU N° 2.

IQUE ique		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
	»	18,80	35,15	30,75	63,34	»	»	»	»
	»	17,70	36,00	33,35	61,29	»	»	»	»
	»	17,75	36,00	31,00	61,18	»	»	»	»
	»	17,65	39,60	30,45	51,81	»	»	»	»
	»	16,95	38,40	35,35	54,01	»	»	»	»
	»	23,02	46,20	35,40	48,45	»	»	»	»
	»	21,00	52,95	25,75	35,75	»	»	»	»
	»	22,57	60,29	21,60	25,86	»	»	»	»
	»	22,97	61,06	17,68	24,03	»	»	»	»
	»	46,00	98,10	7,30	4,78	»	»	»	»
	»	57,92	85,49	11,50	43,00	»	»	»	»
	»	52,80	89,08	13,75	39,00	»	»	»	»
	»	51,81	90,26	14,00	39,00	»	»	»	»
	»	52,76	86,38	16,00	42,20	»	»	»	»
	»	81,00	101,25	8,50	3,30	»	»	»	»
	»	80,53	111,35	6,75	11,00	»	»	»	»
	»	60,83	109,31	9,75	13,60	»	»	»	»
	»	56,00	100,14	10,00	22,15	»	»	»	»
	»	22,0	35,7	34,0	66,0	32,8	46,8	28,6	66,0
	»	26,2	48,8	24,0	33,0	44,6	70,5	12,0	50,0
	»	31,6	68,0	15,0	17,5	68,8	107,1	4,0	5,0
	»	34,2	74,1	9,5	17,5	90,5	106,0	1,0	0,0
	»	39,2	86,1	4,5	12,0	cassé à la trempe			
	»	23,3	32,0	37,0	74,0	43,4	51,0	19,5	68,5
	»	33,4	52,8	26,5	53,5	98,5	129,0	13,3	37,2
	»	30,0	58,7	22,0	48,8	76,8	102,8	12,5	45,2
	»	34,6	61,6	14,0	44,0	77,5	104,9	11,8	46,5
	»	39,0	67,4	11,8	17,8	65,4	99,7	5,0	6,5
	»	19,21	41,20	42,50	56,02	»	»	»	»
	»	19,62	45,70	39,70	48,07	»	»	»	»
	»	17,72	52,13	32,40	36,35	»	»	»	»
	»	20,48	62,02	24,00	29,65	»	»	»	»
	»	29,56	75,01	2,40	3,32	»	»	»	»

TABLEAU N° 3.

Acier Siemens-Martin.		C	Mn	Si	S	P
Carbone. — 1893, Bethléem.	1	53	50	»	»	
	2	53	50	»	»	
	3	53	50	»	»	
	4	53	50	»	»	
	5	88	53	»	»	
	6	88	53	»	»	
	7	88	53	»	»	
	8	88	53	»	»	
Carbone. — 1873, Creusot.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
	6	»	»	»	»	
	7	»	»	»	»	
	8	»	»	»	»	
	9	»	»	»	»	
	10	»	»	»	»	
	11	»	»	»	»	
Carbone. — 1878, Cockrill.	1	7,5	»	»	»	
	2	17,5	»	»	»	
	3	22,5	»	»	»	
	4	33,0	»	»	»	
	5	37,5	»	»	»	
	6	48,0	»	»	»	
	7	50,0	»	»	»	
	8	65,0	»	»	»	
Carbone. — 1878, Withworth.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»		
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	

TABLEAU N° 3.

BIQUE UIMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
i	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
»	»	40,00	66,58	16,20	45,0	»	»	»	»
»	»	35,00	63,92	16,90	45,0	»	»	»	»
»	»	37,98	75,97	12,20	32,0	»	»	»	»
»	»	37,80	77,00	12,75	19,5	»	»	»	»
»	»	56,53	98,77	7,25	2,3	»	»	»	»
	»	60,78	115,57	7,35	19,0	»	»	»	»
»	»	56,13	114,31	8,50	17,4	»	»	»	»
»	»	54,16	110,60	8,00	16,9	»	»	»	»
»	»	24,4	39,0	35,0	74,3	32,8	46,0	33,0	74,2
»	»	23,6	41,3	32,0	67,5	33,0	51,2	24,2	66,0
»	»	27,5	46,7	29,0	62,0	40,0	58,8	22,0	60,0
»	»	29,6	50,5	27,0	57,5	44,7	65,8	19,5	54,5
»	»	31,8	55,0	25,0	52,0	49,8	73,0	17,0	47,0
»	»	33,8	59,7	23,0	47,0	55,0	82,0	14,8	41,0
»	»	35,8	64,4	21,0	42,0	62,1	91,0	12,6	33,0
»	»	37,3	68,2	19,0	36,5	65,4	99,0	10,2	25,5
»	»	38,8	71,8	17,0	31,5	71,0	108,0	7,8	16,4
»	»	40,0	74,9	15,0	26,0	75,5	115,0	5,7	10,0
»	»	41,1	77,0	13,0	21,0	78,5	119,7	3,8	5,0
»	»	»	40,0	27,0	»	»	»	»	»
»	»	»	47,5	22,0	»	»	»	»	»
»	»	»	52,5	20,0	»	»	»	»	»
»	»	»	58,0	17,0	»	»	»	»	»
»	»	»	63,0	15,0	»	»	»	»	»
»	»	»	68,0	9,0	»	»	»	»	»
»	»	»	71,0	8,0	»	»	»	»	»
»	»	»	80,0	5,0	»	»	»	»	»
»	»	»	64,0	32,0	»	»	»	»	»
»	»	»	76,7	24,0	»	»	»	»	»
»	»	»	92,7	17,0	»	»	»	»	»
»	»	»	102,8	10,0	»	»	»	»	»
»	»	»	115,2	14,0	»	»	»	»	»

TABLEAU N° 4.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSITION EN MIX- C	Mn	Si	S	Ph
Manganèse-Carbone. — 1878, Terrenoire.	1	45	52	traces	traces	7
	2	47	106	traces	traces	7
	3	52	131	traces	traces	6
	4	56	200	traces	traces	6
Manganèse-Carbone. — 1889, Le Boucau.	1	11	18	1	1	1
	2	10	25	1	1	1
	3	18	35	1	1	1
	4	25	35	3	1	2
	5	27	38	3	1	2
	6	30	45	6	1	6
	7	36	50	7	1	6
	8	40	60	7	1	6
	9	46	65	10	1	6
	10	51	65	10	1	6
	11	56	68	11	1	6
	12	63	75	14	1	6
	13	66	75	15	1	6
	14	75	75	14	1	6
	15	85	90	15	1	6
Manganèse-Carbone. — 1889, St-Chamond.	1	30	50	15	2	2
	2	40	60	15	2	
	3	48	55	21	1	1
	4	55	55	16	1	5
Manganèse-Carbone. — 1889-94, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
Mêmes aciers recuits après trempe.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	

TABLEAU N° 4.

IMIQUE IIIÈMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
Ni	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
»	»	27,0	54,0	24,2	43,0	48,1	76,0	14,0	»
»	»	35,7	65,0	21,0	42,0	69,2	130,0	»	»
»	»	43,5	82,5	15,7	38,5	Fendu à la trempe.			
»	»	48,7	89,8	9,5	23,5	Fendu à la trempe.			
»	»	»	45	25,0	»	»	»	»	»
»	»	»	34	32,0	»	»	»	»	»
»	»	»	37	28,0	»	»	»	»	»
»	»	»	44	24,0	»	»	»	»	»
»	»	»	47	25,0	»	»	»	»	»
»	»	»	50	21,0	»	»	»	»	»
»	»	»	54	20,0	»	»	»	»	»
»	»	»	57	19,7	»	»	»	»	»
»	»	»	59	18,5	»	»	»	»	»
»	»	»	63	17,0	»	»	»	»	»
»	»	»	68	16.0	»	»	»	»	»
»	»	»	75	14,5	»	»	»	»	»
»	»	»	78	13,5	»	»	»	»	»
»	»	»	85	9,5	»	»	»	»	»
»	»	»	100	7,0	»	»	»	»	»
»	»	25,0	50	22,0	»	»	»	»	»
»	»	32,5	60	22,5	»	»	»	»	»
»	»	36,0	65	22,5	»	»	»	»	»
»	»	40,0	70	19,0	»	»	»	»	»
»	»	32,6	68,7	20,8	43,2	90,9	113,0	13,0	39,8
»	»	38,7	69,4	23,5	49,3	109,6	124,0	8,0	30,8
»	»	40,2	72,1	19,0	50,7	102,8	123,5	7,5	30,7
»	»	40,1	75,5	16,0	35,3	93,8	114,8	10,0	40,8
»	»	41,4	81,3	29,0	26,0	43,5	86,0	28,0	28,5
»	»	»	»	»	»	84,2	108,4	8,5	36,3
»	»	»	»	»	»	85,5	104,2	11,5	40,0
»	»	»	»	»	»	93,1	108,4	8,5	44,8
»	»	»	»	»	»	86,2	99,3	11,8	43,0
»	»	»	»	»	»	37,2	96,4	41,5	36,0

TABLEAU N° 5.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSITION DES				
		C	Mn	Si	S	Ph
Manganèse-Carbone. — 1889, Alexandrowsky.	1	8	18	»	2,5	2
	2	12	30	»	3,0	3
	3	20	35	»	3,5	4
	4	40	60	»	7,5	5
Manganèse-Carbone. — 1893, Bethléem.	1	33	44	»	»	4
	2	33	44	»	»	4
	3	34	44	»	»	4
	4	33	44	»	»	»
Manganèse-Carbone. — 1888, Hadfield.	1	20	83	3	6	6
	2	41	230	15	7	7
	3	40	389	9	7	6
Trempe. Moyenne de 3 essais	4	52	695	37	7	8
Trempe. Moyenne de 3 essais	5	47	722	44	6	9
	6	»	750	»	»	»
	7	50	770	28	6	9
	8	»	920	»	»	»
Trempe. Moyenne de 3 essais	9	61	937	30	7	9
	10	95	1 011	21	8	11
Trempe. Moyenne de 2 essais	11	85	1 060	28	»	11
Trempe. Moyenne de 12 essais.	12	72	1 083	37	6	»
Trempe. Moyenne de 10 essais.	13	85	1 229	37	6	9
Trempe. Moyenne de 2 essais	14	110	1 260	16	4	12
	15	110	1 260	16	4	12
Trempe. Moyenne de 2 essais	16	92	1 281	42	4	12
Trempe. Moyenne de 3 essais	17	85	1 375	23	8	9
Barrette trempée à l'eau, *non cassée*	18	85	1 401	28	5	11
		»	»	»	»	»
Trempe. Moyenne de 2 essais (trop de carbone)	19	155	1 416	12	4	10
Trempe. Moyenne de 10 essais. Divers procédés de trempe.	19bis	85	1 375	23	8	9
Trempe. Moyenne de 2 essais.	20	115	1 427	84	»	»
	21	110	1 448	32	7	7
	22	124	1 506	16	7	7
	23	150	1 522	14	6	9
	24	154	1 840	16	6	»
	25	183	1 855	26	4	»
	26	160	1 910	26	5	7
	27	190	1 998	32	3	12
	28	210	2 169	46	8	10

TABLEAU N° 5.

IMIQUE LIEMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
Si	Chr	L	R		C	L	R	A	
»	»	»	32	28,5	»	»	»	»	»
»	»	»	38	26,0	»	»	»	»	»
»	»	»	45	22,5	»	»	»	»	»
»	»	»	55	17,0	»	»	»	»	»
»	»	33,67	53,07	16,25	62,0	»	»	»	»
»	»	31,97	53,29	18,50	48,0	»	»	»	»
»	»	30,80	52,64	26,25	56,5	»	»	»	»
»	»	33,85	52,18	26,25	57,3	»	»	»	»
»	»	33,6	52,1	31,39	54,0	»	»	»	»
»	»	»	17,0	7,00	9,3	»	»	»	»
»	»	»	58,5	0,00	»	»	»	»	»
»	»	»	39,3	1,50	»	»	32,3	1,81	»
»	»	»	42,3	1,56	»	»	29,0	3,12	»
»	»	»	38,3	4,30	9,2	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	45,0	7,3	»
»	»	»	61,5	6,10	9,0	»	»	»	»
»	»	»	50,0	5,46	»	»	58,5	15,10	»
»	»	»	59,0	5,46	»	»	63,0	19,53	»
»	»	»	51,8	3,90	»	»	64,0	17,96	»
»	»	»	»	»	»	»	76,2	25,10	»
»	»	42,8	60,5	3,50	9,2	36,8	93,5	41,91	35,70
»	»	»	60,5	2,34	»	»	80,0	27,73	»
»	»	»	68,4	3,10	3,6	»	»	»	»
»	»	»	60,0	5,46	»	»	92,0	34,75	»
»		»	»	»	»	38,5	98,5	46,30	»
»	»	»	56,0	»	»	»	64,9	26,56	»
»	»	»	»	»	»	»	103,0	44,44	»
»	»	»	53,8	0,78	»	»	68,0	10,54	»
»	»	41,6	70,5	6,20	»	35,7	92,5	45,03	»
»	»	»	»	»	»	38,5	106,0	43,70	33,75
»	»	49,6	61,0	0,78	»	34,2	97,5	37,50	»
»	»	50,0	75,5	2,34	»	34,2	92,5	31,20	»
»	»	»	67,5	1,04	»	»	68,5	11,71	»
»	»	49,7	78,5	0,78	»	35,7	82,0	10,10	»
»	»	54,4	65,0	0,40	»	38,8	85,2	5,40	»
»	»	54,0	79,0	0,78	»	34,25	90,0	4,60	»
»	»	»	»	»	»	»	35,0	0,00	»
»	»	»	55,20	8,59	»	»	51,2	10,93	»

TABLEAU N° 6.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSITION EN POI- C	Mn	Si	S	Ph
Phosphore-Manganèse. — 1869, Procédé Heaton (Langley-Mill). (Publiés par M. Gruner, 1869.)	1	57	»	12	Traces	23
	2	52	»	16	»	24
	3	54	»	10	»	24
	4	47	»	9	»	24
	5	54	»	12	»	26
	6	49	»	10	»	30
Phosphore-Manganèse. — 1878, Terrenoire.	1	31	75	Traces	Traces	35
	2	27	80	»	»	37
	3	31	69	»	»	40
Silicium. — 1889-1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	»
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	»
	5	»	»	»	»	.
	6	»	»	»	»	.
Silicium. — 1894, Saint-Étienne.	1	25	26	90	1/2	3
Éprouvettes recuites au rouge-cerise mi-clair et refroidies lentement dans le four à l'abri de l'air.	2	31	39	154	1/2	3 1
	3	38	44	196	1/2	4
	4	53	48	245	1/2	4 1
Trempées à l'huile, au rouge-cerise mi-clair, à l'eau au rouge-cerise mi-clair, et recuites au bois brûlant bien. Chauffage lent pour la trempe.	5	55	65	302	1/2	5
	6	61	68	340	1	6
	7	66	79	400	1 1/2	6
	8	72	81	445	1 1/2	6 1
Silicium. — 1878, Terrenoire.	1	29	69	23	Traces	8
	2	46	67	22	»	8
Acier coulé.	3	75	67	16	»	10
	4	88	77	32	»	8

TABLEAU N° 6.

HIMIQUE ELLÈRES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
Ni	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
»	»	»	65,76	2,3	»	»	»	»	»
»	»	»	79,59	7,6	»	»	»	»	»
»	»	»	73,74	3,1	»	»	»	»	»
»	»	»	73,88	0,1	»	»	»	»	»
»	»	»	69,52	8,2	»	»	»	»	»
»	»	»	65,77	3,5	»	»	»	»	»
»	»	33,0	56,6	26,2	50	54,1	83,0	10,5	40
»	»	33,8	55,9	23,5	56	55,8	81,0	10,2	35
»	»	36,7	61,3	22,2	46	60,1	90,5	5,0	15
»	»	31,3	64,0	21,5	42,2	83,5	112,2	13,0	38,5
»	»	33,4	64,7	23,0	50,5	97,8	113,6	10,0	38,3
»	»	33,2	67,9	14,0	21,0	73,5	97,8	10,5	42,0
»	»	46,1	68,7	22,2	60,0	107,0	120,0	10,5	38,2
»	»	46,9	70,7	22,5	54,2	118,8	126,1	10,7	46,7
»	»	54,0	100,0	10,8	18,3	125,4	139,9	2,3	10,7
»	»	32,5	56,6	24,0	59,2	57,6	79,1	17,5	54,5
»	»	47,8	67,9	21,0	50,3	75,0	92,3	14,4	49,3
»	»	62,1	79,6	17,5	44,3	86,2	107,4	14,0	42,0
»	»	67,5	92,8	15,1	37,5	94,7	125,2	8,5	35,2
»	»	83,2	101,0	8,0	29,4	115,9	136,5	7,5	30,1
»	»	94,1	106,7	5,0	15,0	131,2	143,8	7,5	25,2
»	»	100,0	113,2	1,3	1,3	139,8	147,5	7,9	24,8
»	»	104,9	117,3	1,0	0,0	143,4	150,2	1,5	22,3
»	»	21,0	44,7	8,8	10	31,6	51,8	24,6	40
»	»	26,5	43,3	3,0	5	33,5	55,5	19,2	35
»	»	30,5	64,2	3,5	2	35,8	74,2	14,3	10
»	8	39,2	64,5	1,5	0	46,0	82,6	3,5	3

TABLEAU N° 7.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSITION EN PRO- C	Mn	Si	S	Pr
Silicium. — 1889, Hadfield.	1	14	14	20	8	5
Éprouvettes forgées, sans recuit.	2	18	21	79	8	5
Barrettes 50 millimètres de longueur.	3	19	28	160	8	5
	4	20	25	218	6	4
	5	20	25	267	6	4
	6	20	29	346	6	4
	7	25	36	449	6	4
	8	26	29	553	6	4
	9	4	29	723	6	4
	10	8	68	883	7	5
Mêmes aciers recuits après forgeage.	1	14	14	20	8	5
Barrettes de 50 millimètres de longueur.	2	18	21	79	8	5
	3	19	28	160	8	5
	4	20	25	218	6	4
	5	20	25	267	6	4
	6	20	29	346	6	4
	7	25	36	449	6	4
	8	26	29	553	6	4
Tungstène. — 1889-1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	»
	3	»	»	»	»	.
	4	»	»	»	»	»
	5	»	»	»	»	
	6	»	»	»	»	»
Chrome. — 1887-1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	»
	2	»	»	»	»	»
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	»
Chrome-Tungstène. — 1889-1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	»
	2	»	»	»	»	»
	3	»	»	»	»	»

TABLEAU N° 7.

IQUE MES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
	»	34,5	53,2	30,00	54,54	»	»	»	»
	»	39,2	53,3	29,50	54,54	»	»	»	»
	»	44,0	59.0	31,10	50,58	»	»	»	»
	»	48,5	62,0	18,48	28,00	»	»	»	»
	»	50,3	66,5	17,60	24,36	»	»	»	»
	»	55,0	74,5	11,10	14,20	»	»	»	»
	»	70,5	77,0	0,04	0,20	»	»	»	»
	»	»	75,5	0,30	0,70	»	»	»	»
	»		Impossible à étirer.			»	»	»	»
	»		Impossible à étirer.			»	»	»	»
	»	23,7	39,3	37,50	60,74	»	»	»	»
	»	29,8	46,3	34,02	52,66	»	»	»	»
	»	39,2	51,8	35,10	54,52	»	»	»	»
	»	40,0	53,4	36,50	59,96	»	»	»	»
	»	37,5	50,3	6,05	6,64	»	»	»	»
	»	47,0	61,2	8,85	9,28	»	»	»	»
	»	»	59,7	0,64	0,98	»	»	»	»
	»	39,3	39,3	0,37	»	»	»	»	»
	»	33,4	48,2	23,7	75,5	47,5	58,0	17,5	65,8
	»	35,4	50,0	23,5	59,8	49,0	65,4	15,0	58,7
	»	29,3	54,8	23,5	45,2	95,0	126,0	2,5	2,6
	»	33,4	65,4	17,0	32,8	»	152,0	4,5	3,0
	»	44,0	74,8	9,0	29,8	»	150,0	2,8	0,97
	»	44,0	72,8	3,5	»	»	»	»	»
	»	39,2	66,4	26,5	50,3	112,0	121,6	6,5	26,0
	»	39,2	65,7	22,5	39,6	»	149,6	0,5	0,0
	»	44,7	73,5	19,5	63,0	107,0	133,6	8,0	43,2
	»	45,4	76,8	18,3	59,7	»	137,4	6,0	30,5
	»	39,9	67,0	20,8	29,8	133,6	143,5	2,5	5,8
	»	46,0	72,5	17,5	32,7	136,0	149,6	1,8	6,8
	»	50,8	80,6	14,5	23,7	133,0	148,0	0,0	0,0

TABLEAU N° 8.

Acier Siemens-Martin.		C	Mn	Si	S	P
Cuivre. — Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
Cuivre recuit après trempe. — Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
Acier au creuset pour outils. — 1867, Turton à Scheffield.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
Rupture rapide.	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
	6	»	»	»	»	
	7	»	»	»	»	
	8	»	»	»	»	
Rupture lente	9	»	»	»	»	
	10	»	»	»	»	
Acier pour outils. — 1878, Krupp à Essen.	1	»	»	»	»	
Aciers à canons	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
Aciers pour frettes	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
Nickel-Carbone. — 1894, Jacob Holtzer.	1	»	»	»	»	
	2	»	»	»	»	
	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
Nickel-Carbone. — 1894, Saint-Étienne.	1	10	4	5	Traces	
Nickel variant de 250 à 2 500.	2	9	4	5	—	
Les autres éléments aussi faibles que possible.	3	9	4	3	—	
Éprouvettes recuites au rouge-cerise mi-clair et refroidies dans le sable.	4	8	4	3	—	
	5	9	4	5	—	
Trempées au rouge-cerise mi-clair non recuites.	6	8	4	5	—	
	7	8	4	5	—	
	8	9	4	5	—	
	9	9	4	5	1/2	
	10	10	4	5	1/2	

TABLEAU N° 8.

IQUE ERES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
	»	30,7	54,8	22,5	51,0	70,0	77,5	17,5	58,8
	»	30,7	54,8	22,5	50,5	»	110,0	2,0	3,9
	»	33,4	48,2	23,7	75,2	47,5	58,0	17,5	65,5
	»	35,4	50,0	23,5	57,7	»	65,0	15,0	58,5
	»	»	»	»	»	66,8	79,8	13,0	60,0
	»	»	»	»	»	66,8	85,5	14,5	50,0
	»	»	»	»	»	36,7	53,5	19,5	73,0
	»	»	»	»	»	34,0	50,0	23,5	57,7
	»	50,0	87,0	7,4	11,75	»	»	»	»
	»	44,0	75,6	3,2	3,23	»	»	»	»
	»	45,5	72,4	5,5	23,00	»	»	»	»
	»	51,4	87,5	7,8	11,75	»	»	»	»
	»	47,5	80,5	5,1	6,68	»	»	»	»
	»	38,5	57,0	4,5	4,97	»	»	»	»
	»	32,8	64,3	3,4	3,23	»	»	»	»
	»	34,3	76,4	13,3	19,88	»	»	»	»
	»	35,7	67,5	15,4	30,60	»	»	»	»
	»	35,7	72,8	9,9	13,40	»	»	»	»
	»	30,7	60,0	10,3	»	»	»	»	»
	»	29,4	60,0	10,1	»	»	»	»	»
	»	29,4	59,8	9,9	»	»	»	»	»
	»	28,0	56,3	14,0	»	»	»	»	»
	»	28,0	56,0	12,0	»	»	»	»	»
10	»	46,9	60,8	24,5	54,8	84,8	90,2	11,5	56,5
10	»	50,0	72,8	18,0	52,2	76,6	84,1	14,5	51,3
10	»	67,0	95,5	19,5	61,0	»	113,6	8,4	47,3
10	»	66,8	93,5	21,0	53,5	110,8	114,2	7,5	38,7
10	»	72,8	78,1	19,0	63,8	100,0	104,0	9,4	43,7
18	»	33,7	43,0	27,9	72,7	46,1	59,7	18,5	77,6
13	»	41,4	50,5	25,6	71,5	93,9	106,3	10,0	62,7
14	»	45,8	60,0	21,3	69,7	110,5	122,0	9,0	59,9
16	»	52,2	77,0	13,7	62,0	110,5	120,5	9,5	55,7
12	»	86,9	109,8	10,7	62,3	114,2	124,6	9,6	57,7
19	»	98,4	118,6	6,8	44,8	120,1	126,0	8,8	50,0
50	»	88,0	119,1	10,4	56,1	112,5	122,8	8,3	46,8
96	»	85,4	115,4	9,7	61,0	104,0	120,6	7,7	44,3
53	»	77,7	112,3	10,3	51,6	80,1	115,7	8,6	41,9
15	»	54,4	102,4	16,4	54,3	53,9	112,6	17,5	36,4

TABLEAU N° 9.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSITIO EN DO C	Mn	Si	S	Ph
Nickel-Carbone. — 1894, Saint-Étienne.	1	7	4	5	Traces	1 1
Nickel constant 250.	2	15	5	9	—	1 1.
Carbone variable de 1 à 100.	3	22	5	9	—	2
	4	31	5	12	—	2
	5	44	4	9	—	1 1.
	6	53	5	19	—	1 1/
	7	61	7	21	—	1 1
	8	69	7	14	—	1 1
	9	82	8	14	1/2	1 1
	10	89	9	12	Traces	1 1.
Nickel-Carbone. — 1894, Saint-Étienne.	1	6	2	6	1/2	2
Nickel constant 1 500.	2	12	4	8	1/2	2
Carbone variable de 10 à 100.	3	19	6	10	1/2	2
	4	27	3	12	Traces	2
	5	38	3	12	—	2
Éprouvettes recuites au rouge-cerise mi-clair et refroidies dans le sable.	6	50	5	16	—	2
	7	58	6	19	—	2
Éprouvettes trempées à l'huile au rouge-cerise mi-clair et recuites au rouge sombre avancé.	8	64	6	24	—	2
	9	75	5	24	—	2
	10	86	5	24	—	2
Deuxième trempe avec chauffage lent pour arriver à la température de trempe.	1	6	2	6	1/2	2
	2	12	4	8	1/2	2
	3	19	6	10	1/2	2
	4	27	3	12	Traces	2
	5	38	3	12	—	2
	6	50	5	16	—	2
	7	58	6	19	—	2
	8	64	6	24	—	2
	9	75	5	24	—	2
	10	86	5	24	—	2

TABLEAU N° 9.

MIQUE LIÈMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
ii	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
150	»	31,2	41,8	30,5	76,7	32,2	44,8	25,0	76,8
147	»	31,3	46,4	25,5	64,9	48,6	61,3	17,2	72,2
151	»	31,5	48,4	23,6	60,5	66,8	77,5	14,7	67,2
145	»	39,2	57,8	21,9	55,0	75,5	91,5	10,8	59,3
145	»	38,2	57,3	19,3	50,9	78,5	93,1	10,1	56,3
147	»	39,2	67,0	15,8	39,0	82,2	94,8	10,0	53,0
151	»	40,0	71,4	14,8	35,0	107,7	119,1	9,8	49,6
150	»	46,1	82,2	12,4	28,9	108,9	122,8	10,3	45,1
148	»	48,5	90,8	11,2	25,3	110,2	125,0	8,4	27,5
148	»	51,9	97,6	10,1	19,2	108,7	130,0	7,5	20,4
540	»	94,6	114,9	10,4	63,9	99,5	119,2	9,2	61,2
509	»	102,5	135,4	9,2	53,1	108,3	140,5	8,8	59,3
501	»	106,7	147,0	9,9	47,2	112,5	176,8	8,7	40,6
515	»	108,2	150,3	9,6	41,1	117,1	195,0	2,8	6,2
495	»	102,5	143,0	7,6	21,5	109,0	178,5	3,0	»
500	»	93,9	136,3	9,1	20,2	»	»	»	»
499	»	73,4	123,5	2,4	»	82,2	151,2	3,9	9,0
510	»	62,6	85,8	2,7	»	73,0	130,3	2,8	»
500	»	43,3	79,5	6,0	»	»	»	»	»
500	»	32,8	56,3	8,0	»	42,7	84,0	4,0	5,6
540	»	»	»	»	»	86,9	94,2	10,9	69,6
509	»	»	»	»	»	89,5	93,5	13,0	64,4
501	»	»	»	»	»	90,0	103,4	11,2	53,2
515	»	»	»	»	»	92,2	109,3	13,4	50,3
495	»	»	»	»	»	93,8	128,5	10,5	28,5
500	»	»	»	»	»	97,5	143,0	7,3	12,4
499	»	»	»	»	»	99,7	154,0	4,0	»
510	»	»	»	»	»	66,2	90,8	1,0	»
500	»	»	»	»	»	45,4	63,6	2,5	»
500	»	»	»	»	»	»	»	»	»

TABLEAU N° 10.

Acier Martin-Siemens.		COMPOSITION EN % C	Mn	Si	S	P
Nickel-Carbone. — 1894, Saint-Étienne.	1	5	Traces	5	1/2	1
Nickel constant à 2 500.	2	12	2	9	1/2	
Carbone variable de 10 à 100.	3	18	3	9	1/2	
	4	26	4	9	1/2	
	5	34	4	12	1/2	1
Éprouvettes recuites au rouge cerise mi-clair et refroidies dans le sable.	6	43	5	14	1/2	
	7	52	6	19	1/2	
Éprouvettes trempées au rouge cerise mi-clair, sans recuit.	8	61	6	24	1/2	1
	9	73	6	24	1/2	1
	10	83	7	24	1/2	1
Nickel-Chrome. — 1894, Saint-Étienne.	1	8	2	5	1/2	2
	2	12	4	5	1/2	2
Nickel constant à 250.	3	19	4	5	1/2	
Chrome variable de 25 à 250.	4	24	5	5	1/2	
	5	32	5	10	Traces	1
Éprouvettes recuites au rouge cerise mi-clair et refroidies dans le sable.	6	29	5	12	—	1
	7	32	5	14	—	
	8	40	6	17	—	1
	9	45	5	24	—	
	10	50	5	33	—	
Deuxième recuit.	1	8	2	5	1/2	2
Éprouvettes refroidies lentement à l'abri de l'air.	2	12	4	5	1/2	2
	3	19	4	5	1/2	
	4	24	5	5	1/2	
	5	32	5	10	Traces	1
	6	29	5	12	—	1
	7	32	5	14	—	
	8	40	6	17	—	1
	9	45	5	24	—	
	10	50	5	23	—	

TABLEAU N° 10.

BQUE ÈMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
17	»	57,0	104,3	15,8	53,0	56,0	115,0	15,2	31,0
13	»	45,8	103,8	22,1	57,0	55,0	112,3	16,3	31,2
13	»	23,0	78,4	34,5	55,3	26,0	83,1	24,0	34,5
15	»	21,8	65,9	44,0	61,9	24,4	67,8	42,9	59,3
13	»	22,8	67,2	41,5	67,2	24,4	65,2	42,2	68,4
17	»	27,1	71,3	42,3	67,3	26,4	65,9	43,0	68,4
13	»	29,6	75,8	45,2	64,5	27,0	67,8	37,8	61,8
17	»	27,0	72,5	43,7	59,1	28,4	68,5	43,0	67,5
14	»	28,0	71,8	38,7	56,0	26,4	65,0	38,0	58,0
93	»	27,9	69,1	40,2	57,3	27,6	64,5	39,5	56,1
91	29	30,0	43,5	28,5	73,0	42,3	52,0	23,5	77,3
91	53	31,5	49,5	24,0	70,5	57,0	67,1	16,5	73,0
44	85	40,0	55,5	23,0	70,7	77,1	86,4	12,5	67,8
75	113	46,0	68,0	17,0	60,0	103,1	107,6	10,3	64,8
75	140	49,5	70,0	18,0	60,7	98,7	105,2	11,5	60,6
91	171	86,0	102,0	11,0	54,9	108,9	115,3	8,9	61,9
75	191	101,5	123,5	10,0	47,5	109,8	113,0	9,0	57,4
97	258	114,0	148,5	7,5	38,5	113,8	119,8	9,0	57,4
69	269	128,5	160,0	3,0	22,5	129,3	135,2	11,0	53,2
28	280	138,6	168,9	2,5	17,5	127,4	137,9	7,9	51,9
91	29	»	»	»	»	30,3	44,1	29,0	73,2
91	53	»	»	»	»	33,6	46,8	26,0	71,6
44	85	»	»	»	»	34,3	52,7	23,5	66,0
75	113	»	»	»	»	39,4	59,7	23,0	65,8
75	140	»	»	»	»	44,2	61,7	22,0	66,5
91	171	»	»	»	»	46,2	65,6	23,0	68,8
75	191	»	»	»	»	45,4	70,6	19,4	66,8
97	258	»	»	»	»	42,8	69,0	18,5	70,6
69	269	»	»	»	»	54,5	77,1	19,7	68,6
28	280	»	»	»	»	56,7	79,5	19,5	66,0

TABLEAU N° 11.

Acier Siemens-Martin.		COMPOSI EN				
		C	Si	Mn	S	
Nickel-Chrome. — 1894, Saint-Étienne.	1	13	3	7	1/2	
Nickel constant à 2 500.	2	11	5	10	1/2	
Chrome variable de 25 à 250.	3	16	5	7	1/2	
	4	21	8	8	1/2	
	5	24	6	12	1/2	2 1
Éprouvettes recuites au rouge-cerise mi-clair, refroidies dans le sable.	6	29	6	10	1/2	2 1
	7	33	6	8	1/2	
Trempées à l'eau au rouge-cerise mi-clair et non recuites.	8	38	4	10	1/2	2 1
	9	40	3	12	1/2	2 1
	10	45	5	10	1/2	2 1
Nickel-Silicium. — 1794, Saint-Étienne.						
Nickel constant 250.	1	23	31	98	1/2	3
Silicium variable de 100 à 500.	2	33	38	140	1/2	3 1
Éprouvettes recuites au rouge-cerise mi-clair, et refroidies lentement dans le four à l'abri de l'air.	3	39	48	196	1	4
	4	48	49	238	1/2	4 1
Trempées au rouge-cerise mi-clair et recuites au bois brûlant bien.	5	52	60	270	1	5
	6	62	66	349	1	6
	7	66	68	396	1 1 2	6
Nickel-Chrome.						
Études en vue d'obtenir une qualité spéciale.	1	»	»	»	»	
Nickel 2 500.	2	»	»	»	»	
Chrome 250.	3	»	»	»	»	
	4	»	»	»	»	
	5	»	»	»	»	
	6	»	»	»	»	
	7	»	»	»	»	
	8	»	»	»	»	
	9	»	»	»	»	
Nickel-Chrome.						
Trempe spéciale sur coulée n° 6. Chauffée à 1 100°.	1	Mélange réfrigérant				2
— — — 1 000°.	2	Mélange réfrigérant				5
— — — 930°.	3	Mélange réfrigérant				3
— — — 800°.	4	Mélange réfrigérant				5

TABLEAU N° 11.

IQUE ÈMES		MÉTAL NATUREL				MÉTAL TREMPÉ			
	Chr	L	R	A	C	L	R	A	C
13	25	41,7	96,2	19,8	56,4	60,2	110,2	17,0	35,1
15	87	31,2	66,4	33,2	63,0	43,5	75,2	32,0	56,2
10	96	23,4	57,9	42,2	67,5	23,4	58,5	42,0	67,5
90	165	23,0	57,9	40,6	68,5	23,1	56,0	44,0	66,1
15	186	25,3	59,8	39,8	69,5	22,4	59,4	39,0	67,7
80	141	24,0	61,7	40,0	67,5	27,0	61,3	39,0	68,4
10	188	28,3	67,1	36,5	67,8	27,4	65,6	37,5	62,5
10	200	25,3	67,6	40,3	69,5	27,4	66,2	43,0	67,2
60	215	27,0	68,4	40,0	68,5	27,6	67,9	41,0	68,4
32	225	41,5	78,5	33,0	61,7	31,8	74,0	37,2	58,6
51	»	49,6	67,5	19,7	52,2	77,5	101,5	10,9	56,2
54	»	52,7	79,2	19,0	48,2	98,1	114,5	11,0	49,6
45	»	65,0	89,1	16,0	38,2	107,4	135,8	7,5	40,0
45	»	78,3	97,6	13,0	32,5	132,5	148,8	7,0	32,1
45	»	86,7	106,3	11,5	37,5	144,0	157,5	5,5	30,9
40	»	98,2	110,5	7,5	25,0	157,1	163,4	4,5	20,0
51	»	Éprouvette cassée avant la limite.							
»	»	61,5	85,6	22,5	52,7	55,7	86,6	18,5	49,2
»	»	56,5	86,3	28,5	61,4	41,5	87,7	33,0	60,2
»	»	57,3	83,6	22,0	66,1	32,9	73,1	45,0	71,5
»	»	66,8	90,2	22,5	59,1	33,0	77,1	41,0	65,2
»	»	62,0	84,3	22,0	61,7	36,8	76,9	37,2	68,8
»	»	65,8	95,4	18,0	50,3	57,5	95,5	21,0	45,7
»	»	79,6	94,2	15,0	50,2	43,5	90,2	30,0	53,3
»	»	54,7	73,8	33,5	63,5	29,9	65,8	43,5	70,0
»	»	60,6	79,8	25,0	70,0	29,5	63,6	47,0	65,5
		»	»	»	»	33,4	66,8	46,0	66,4
		»	»	»	»	33,4	69,4	47,5	71,2
		»	»	»	»	39,5	75,8	49,8	61,6
		»	»	»	»	43,5	89,0	35,0	57,1

NOTE

SUR LE

TRANSPORTEUR TEMPERLEY

PAR

M. P.-P. GUÉROULT

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Le choix d'un outillage susceptible d'assurer, dans les meilleures conditions de rapidité et d'économie, les opérations de chargement et de déchargement des navires, la prise en cale des marchandises et leur mise directe sur wagons, en magasin ou *vice versa*, peut paraître relativement facile, en raison des nombreux documents déjà publiés et donnant tous les détails d'installation, de construction et de fonctionnement des grues installées dans les principaux ports.

Mais rien ne peut remplacer la vérification sur place des formules plus ou moins empiriques contenues dans les ouvrages traitant cette question et indiquant, un peu témérairement, le nombre, l'écartement, le rendement par mètre courant et par an des appareils qui doivent desservir les terre-pleins des quais, dans un port d'un trafic donné.

La Société des quais de Constantinople, avant de livrer à l'exploitation la première section d'une longueur de 750 *m* et partant de l'arsenal de Tophané pour aboutir au pont de Karakeui, ayant, en raison des considérations précédentes, jugé utile d'avoir un rapport d'ensemble sur l'état actuel de l'outillage des principaux ports de l'Europe, m'avait donné, en 1893, la mission de faire une enquête non seulement sur les différents types en usage, mais aussi sur les avantages qu'ils peuvent présenter.

J'ai donc successivement visité Trieste, Fiume, Gênes; puis suivi l'excursion du congrès international maritime à Londres, Newport, Liverpool, Belfast, Glasgow; ensuite continué par Copenhague, Hambourg, Brême, Amsterdam, Rotterdam, Anvers, et

enfin terminé par tous les principaux ports français en commençant par Marseille et en terminant par le Havre.

Cette excursion, qui a duré cinq mois, a confirmé ma conviction qu'il faut bien se garder, lorsque l'on étudie l'outillage d'un port, d'appliquer des formules générales sans tenir compte des conditions d'exploitation, de la nature des marchandises formant l'élément principal du trafic, de la largeur des terre-pleins, des magasins de rive, etc., etc.

Cette appréciation m'a été suggérée par l'examen comparatif des conditions d'exploitation des ports de Trieste et de Fiume qui présentent, au point de vue de l'outillage, le contraste le plus frappant.

A Trieste, les installations sont luxueuses, les grues d'un type très étudié et depuis quelques années en usage à Brême (j'en dirai quelques mots dans le cours de cette étude) sont réparties tout le long des quais et môles. Autour des magasins de Lloyd, on ne compte pas moins de douze de ces appareils qui, s'ils fonctionnaient simultanément, seraient capables d'encombrer au bout de dix heures de marche le rez-de-chaussée et le premier étage, au point de rendre toute manutention impossible.

A Fiume, au contraire, il n'y a, en fait d'outillage, qu'une grue flottante à vapeur, de 90 *t*, une grue à main de 10 *t* et un élévateur à grain et, cependant, ce port a, en quelques années, pris un tel développement que le tonnage, sinon la valeur des marchandises importées et exportées, dépasse celui de Trieste. Ce résultat peut être attribué à ce fait qu'à Fiume les charges qui pèsent sur la navigation sont moins élevées qu'à Trieste ; de plus, les steamers sont toujours certains d'y trouver du fret de retour, les tarifs des chemins de fer hongrois sont moins élevés que ceux des chemins autrichiens, et enfin, l'habile Ingénieur qui en dirige l'exploitation, M. Hajnal, s'est imposé la règle de proportionner les dépenses d'installation à l'importance du trafic. La hauteur des terre-pleins au-dessus du niveau de la mer favorise les opérations de chargement et de déchargement; la main-d'œuvre est peu élevée. Il y avait, en outre, une considération dont il fallait tenir compte dans les évaluations du trafic probable. C'est que le port de Hambourg, situé au bord d'un fleuve qui permet de transporter des marchandises à 800 *km* en amont (jusqu'à Dresde) à raison de 10 *f* la tonne, fait aux deux ports de Trieste et de Fiume une redoutable concurrence pour toutes les marchandises provenant de la Haute-Autriche.

J'avais donc été amené à conclure de cette première enquête que la prospérité d'un port n'est nullement liée au perfectionnement de son outillage ; que les steamers disposent d'engins suffisamment puissants pour la mise à terre, ou sur chalands, des marchandises, et qu'il était particulièrement intéressant d'étudier par quels moyens on pourrait améliorer les conditions du fonctionnement des treuils de bord, c'est-à-dire augmenter les distances auxquelles les marchandises peuvent être prises ou déposées en dehors des flancs d'un steamer.

Outillage des navires.

L'outillage employé à bord des steamers pour assurer, même en rade, en dehors des ports les opérations de chargement ou de déchargement des marchandises, se compose, comme on le sait, d'un treuil à vapeur sur lequel s'enroule une chaîne qui, longeant le mât de charge, passe sur une poulie fixée à l'extrémité de celui-ci et se termine par un crochet suspendu à l'aplomb du panneau ou de l'écoutille.

On a depuis quelques années augmenté la puissance des treuils de bord. Ces appareils peuvent généralement élever 3 *t* en moyenne à la vitesse de 1 *m* par seconde. Dans les puissants cargo-boats construits en Angleterre et qui atteignent des déplacements de 7 à 11 000 *t* avec des largeurs de 12 à 18 *m*, les mâts sont en fer creux et servent de supports aux pivots de quatre mâts de charge permettant d'opérer simultanément ou séparément de chaque côté. La moyenne des charges soulevées et transportées à chaque opération ne dépasse pas 750 *kg*. On a reconnu qu'au dessus de cette charge, l'élinguage dure trop longtemps et que les treuils ne sont pas utilisés convenablement.

La portée de ces appareils ne dépasse la demi-largeur des steamers que de 1 à 2 *m*. On augmente cette portée en établissant des plans inclinés, mais cette disposition a plusieurs inconvénients. La durée de chaque opération est plus longue; de plus, les charges étant déposées à des distances invariables de l'arête du mur des quais, il est indispensable de répartir les marchandises sur la surface des terre-pleins : il en résulte des manutentions supplémentaires.

Dans quelques steamers, notamment ceux des Messageries maritimes faisant le service de l'Australie, les treuils sont remplacés par des pistons hydrauliques dont la tête porte, indépendamment

des poulies-moufles, un galet roulant sur un rail rivé sur le mât de voilure. Cette disposition a l'avantage de supprimer le bruit.

En résumé, les appareils de levage installés à bord des bâtiments sont plus puissants que les grues de quai du type courant, dont la charge maxima varie de 12 à 1 600 *kg*; mais leur portée ne dépassant pas sensiblement la demi-largeur des steamers, il est impossible avec ces engins de prendre la marchandise en cale et de la mettre directement sur wagon ou en magasin.

Outillage des ports.

Cet outillage se compose de grues dont le type le plus courant a des portées de 7,50 *m* à 9 *m* au maximum, une puissance de 1 250 à 1 650 *kg*. La hauteur d'ascension de la charge peut atteindre 15 *m*. Les types employés sont extrêmement variés; on trouve dans les ports les mieux outillés des grues à vapeur avec treuil et mécanisme d'orientation, ainsi que des grues à vapeur à action directe, hydrauliques, électriques, etc. Hambourg et le Havre peuvent être cités parmi les ports qui présentent les plus grandes variétés de types. Mais quelle que soit la force employée (et je signale cette particularité qui caractérise *le type courant*) *tous ces engins sont à portée fixe et ne peuvent déposer les charges à des distances variables sur les terre-pleins, qu'en décrivant autour d'un axe vertical des arcs de cercle dont l'amplitude est variable.* Ce mouvement de rotation se fait généralement à la main pour les appareils placés à bord des steamers. Mais pour les grues de port on emploie, pour assurer ce mouvement, un mécanisme spécial. Il résulte de cette circonstance diverses conséquences :

1° Le trajet parcouru par les charges depuis leur point de départ jusqu'à leur destination n'est pas direct et s'effectue dans deux plans perpendiculaires l'un à l'autre. La longueur du trajet parcouru pendant le mouvement de rotation surpasse de 50 0/0 la distance réelle qui sépare en projection horizontale le point de départ du point de destination;

2° Le mouvement de rotation ne peut avoir qu'une vitesse très faible. La mise en train et l'arrêt doivent être lents en raison de l'inertie des masses à mouvoir;

3° Le mécanisme se complique d'organes destinés à déterminer ce mouvement de rotation et dont les conditions de fonctionnement sont tout à fait spéciales.

Il résulte de ce qui précède que les grues de port ne peuvent, dans les circonstances les plus favorables, transporter à l'heure plus de 30 *t*, que leur construction et surtout leur installation, quand on emploie l'eau sous pression, est fort coûteuse surtout si on considère qu'en raison des différentes dimensions des steamers à desservir il est difficile, sinon impossible, de créer des appareils qui s'adaptent également bien à tous les types.

Transporteur Temperley.

C'est pour remédier aux inconvénients signalés, augmenter autant que possible la rapidité des opérations de chargement ou de déchargement que M. Temperley, armateur, a imaginé, en 1893, l'appareil qui porte son nom et dont de nombreuses applications faites depuis cette époque, tant sur la marine marchande que sur les navires de guerre, ont consacré les avantages.

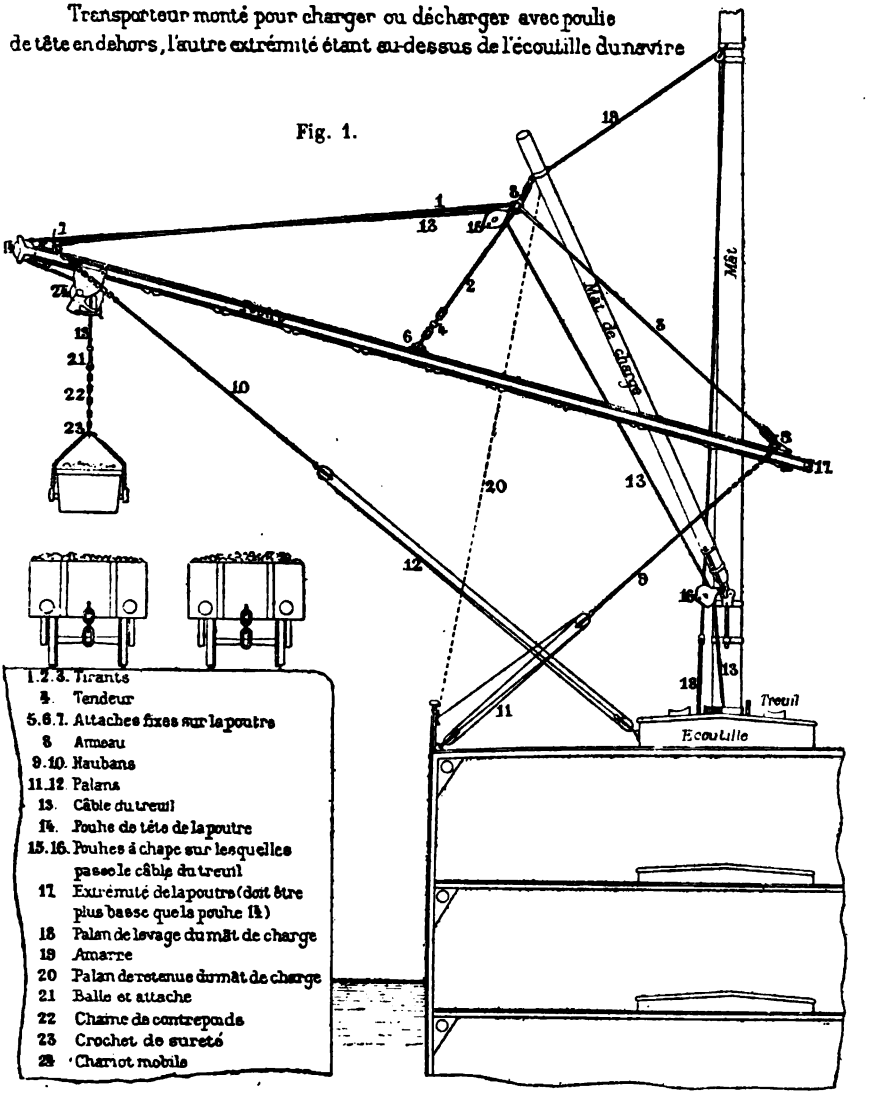
Le transporteur Temperley se compose d'une poutre en acier d'une section en double T *(fig. 1)* portant à son extrémité une poulie (14) sur laquelle s'enroule le câble (13) du treuil de bord. Cette poutre est suspendue au mât de charge par les tirants 1, 2 et 3 et elle est maintenue dans une position inclinée par des haubans et palans (9, 10, 11 et 12). Sous la semelle de l'aile inférieure de la poutre on remarque des ressauts et des évidements correspondant aux différentes stations auxquelles la charge peut être levée ou descendue.

L'organe spécial qui assure au transporteur Temperley son originalité et ses avantages est un chariot mobile (24) qui se fixe automatiquement sur la poutre lorsque la charge doit être élevée ou descendue. Cette immobilisation du chariot sur la poutre se produit toutes les fois que la charge, par suite de son mouvement ascensionnel, vient se suspendre au crochet du chariot mobile ou que celui-ci, par son mouvement sur la poutre, vient rencontrer les ressauts et évidements déjà mentionnés. La figure 1 représente le chariot dont une des flasques du bâti a été supposée enlevée. Ce bâti sert de support à quatre galets roulant sur l'aile inférieure de la poutre et porte l'axe de la *poulie* sur laquelle s'enroule le *câble de treuil* et autour duquel peut pivoter le *crochet de suspension* de la charge. Comme on le voit, ce crochet formé de deux tôles découpées entre lesquelles tourne la poulie, présente trois branches : l'une formant le crochet proprement dit, la suivante portant le *cliquet* à fourche dont le talon vient buter sur les dents

d'une *plaque de garde*, et enfin la troisième à l'extrémité de laquelle est une *entretoise* qui en s'engageant dans l'évidement *e* de la *simple came* détermine la rotation de cette pièce, le déplacement simul-

Transporteur monté pour charger ou décharger avec poulie de tête en dehors, l'autre extrémité étant au-dessus de l'écoutille du navire

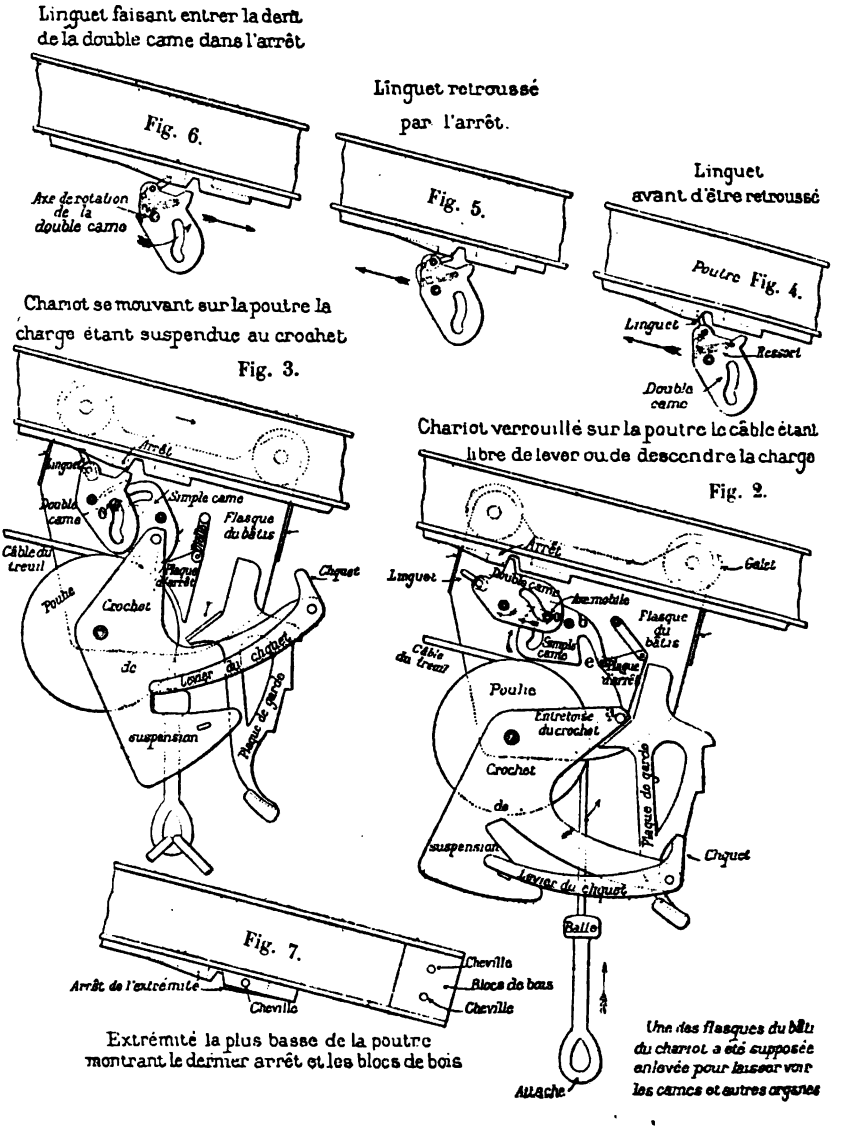
Fig. 1.



tané de l'*axe mobile* et la rotation de la *double came* dont la dent se dégage de l'évidement et permet au chariot de se déplacer sur la poutre lorsque la *balle* placée à l'extrémité du *câble de treuil*, après avoir soulevé le *cliquet* est venue buter sur la branche

médiane du crochet et a provoqué son mouvement de rotation autour de son axe.

L'accrochage s'effectuant automatiquement et la balle reposant



sur le crochet du chariot mobile, les pièces du mécanisme prennent les positions représentées *(fig. 3)*. On voit dans cette figure que la dent de la double came ne pouvant plus s'engager dans les évidements des ressauts, le chariot sera libre de descendre ou de

monter le long de la poutre ; mais si cette dent vient rencontrer un ressaut ayant plus de saillie que ceux placés sur le trajet entre les deux extrémités de la poutre, elle fera tourner la double came, et ce mouvement de rotation ramènera toutes les pièces du mécanisme dans les positions représentées *(fig. 2)* ; dès lors, en laissant aller le câble, la marchandise pourra être descendue.

Les figures 4, 5 et 6 indiquent comment le chariot peut être fixé, à la volonté de l'homme qui manœuvre le treuil, à l'une quelconque des stations correspondant aux ressauts et évidements fixés sur la semelle de l'aile inférieure de la poutre. Si en enroulant le câble autour du treuil, on amène le chariot au delà de la station d'arrêt désignée, le *linguet* ou cliquet fixé sur la *double came* et dont le moyeu est constamment sous l'action d'un ressort à boudin qui le maintient dans toutes les directions prises par lui, sous l'influence de la réaction des ressauts, ce linguet, dis-je, prendra *(fig. 5 et 6)* la direction de la tangente à la circonférence que décrit l'axe du *linguet* autour de l'axe de la double *came*. Lors donc, qu'après avoir dépassé la station, le chariot prendra un mouvement en sens inverse de celui indiqué par les flèches *(fig. 4 et 5)*, la double came tournera autour de son axe et toutes les pièces du mécanisme prendront alors dans une station quelconque les positions respectives indiquées *(fig. 2)*, et dans lesquelles la charge peut être élevée ou descendue.

Une mention spéciale doit être faite du rôle rempli par l'*axe mobile (fig. 2 et 3)* dont les positions successives *o* et *o'* assurent d'une *façon absolue* le maintien des organes du mécanisme à la place qu'ils doivent occuper pour que le fonctionnement du transporteur soit assuré.

Cet *axe mobile* traverse non seulement les coulisses de la *simple* et de la double *came*, mais deux coulisses *rectilignes* pratiquées dans les flasques du bâti du chariot.

Enfin, lorsque le chariot arrive à l'extrémité de sa course, il vient buter contre deux tampons fixés sur la poutre et destinés à amortir le choc.

L'inclinaison de la poutre n'a d'autre but que de provoquer le mouvement du chariot dans une direction contraire à celle que lui donne le halage du câle portant la charge, lorsque la *balle* terminant ce câble est venue automatiquement se suspendre au crochet du chariot.

L'appareil Temperley peut être assimilé à une grue à volée fixe et à portée variable. — Comme on peut donner à la poutre une longueur de 18 *m*, on voit que sur un navire de 8 *m* de largeur, la marchandise peut être déposée ou prise à une distance qui atteint 14 *m* au delà des bastingages, tandis qu'une grue de port d'une portée de 9 *m*, ne pourrait, dans les mêmes circonstances, atteindre qu'une distance de 10 *m*.

La poutre peut être braquée dans des directions variables, par rapport à l'axe longitudinal du navire *(Pl. 140, fig. 18)*, et la surface de la zone de terre-plein desservie est (en supposant des portées égales), beaucoup plus grande que celle desservie par les grues *(fig. 19, 20 et 21)*.

Pour charger des wagons, roulant sur les voies des terre-pleins, il est nécessaire de les déplacer et de les amener à l'aplomb des génératrices du cylindre engendré par la chaîne de la grue dans son mouvement de rotation.

Avec un transporteur Temperley, les cinq wagons représentés en plan *(fig. 18)* peuvent être desservis par une simple modification dans l'angle formé par la projection du mât de charge avec l'axe longitudinal du navire. Les positions extrêmes et symétriques de la poutre figurée en projection horizontale, sont facilement et rapidement obtenues par le déplacement des amarres et palans *(fig. 1, nos 9, 10, 11 et 12)*.

Enfin, tout mouvement de rotation étant supprimé, le trajet parcouru par la charge est réduit à son minimum. *Tous les éléments de ce trajet étant rectilignes et dans un même plan*, la rapidité des opérations peut être doublée. La comparaison que j'ai faite *de visu* au Havre des résultats obtenus simultanément par une grue hydraulique et un transporteur Temperley desservant les deux écoutilles d'un cargo-boat, chargé de blé en sac, m'ont permis de constater que le transporteur faisait 40 opérations à l'heure avec 10 à 12 sacs de 120 *kg*, et la grue hydraulique le même nombre avec 6 sacs, soit pour le première 48 à 50 *t*, et le seconde 28 *t* à l'heure.

La planche 141 représente des photographies instantanées des différentes applications faites sur des cargo-boats de dimensions variables. J'ai pensé qu'il serait intéressant de reproduire à côté les grues du type de Brême, que j'ai vu fonctionner à Trieste en 1893, c'est-à-dire à l'époque ou M. Temperley faisait ses premiers essais. Ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen de la figure 1, planche 141, ces grues ne peuvent exécuter un mouvement complet de rotation.

Les constructeurs ont pensé, avec raison, que cela était complètement inutile, puisque à cause des haubans et des gréements, il est impossible à une grue pivotante de revenir à sa position initiale, à l'aplomb de l'écoutille, sans exécuter un mouvement de rotation en sens inverse de celui qui a conduit la chaîne à son point de destination. Aussi ont-ils profité de cette circonstance pour faire un bâti présentant à sa partie supérieure la forme d'une gueule de loup, entre les mâchoires de laquelle pivote l'arbre portant le cylindre hydraulique. Dans les grues ordinaires, l'arbre vertical tourne sur un pivot inférieur et porte sur des galets. Un contrepoids équilibre la flèche. On remarquera la forme assez originale de la volée du type de Brême. Elle est formée de deux angles très ouverts, dont la bissectrice commune vient s'assembler au sommet de l'arbre vertical portant le cylindre moteur. Cette forme facilite la mise de la chaîne à l'aplomb de l'écoutille, lorsque la grue doit desservir un steamer dont le pont est très élevé au-dessus de l'eau. La figure 2 *(pl. 141)* représente une modification apportée au bâti, lorsque ces grues peuvent, en raison de la proximité des magasins de rive, prendre les marchandises en cale et les amener directement sur des balcons, situés au premier étage.

Un des pieds-droits est supprimé et le cadre formant le fronton porte deux roues se mouvant sur un rail fixé sur les abouts des poutrelles du plancher du premier étage.

Le mécanicien se trouve dans une guérite d'où il voit la succession des opérations. La construction du bâti de cette grue est extrêmement simple. Il n'y entre que des fers en U : toutes les parties du mécanisme sont visibles et accessibles, facilement réparables par conséquent, et, sous ce rapport, le type de Brême présente un grand avantage sur les similaires; mais au point de vue du rendement et des frais d'installation, rien n'a été amélioré et ces appareils ont, outre les inconvénients déjà signalés, celui d'encombrer les terre-pleins et de nécessiter la disposition complète d'une bande de terrain de 1 50 *m* tout le long des voies qu'ils parcourent, pour permettre un passage entre les pieds-droits des portiques et les wagons qui passent sous le bâti. Or il est bien des cas où cet emplacement indisponible eût été beaucoup plus utilement employé. La portée de la grue, représentée figure 2 *(pl. 141)* est de 7 50 *m*. Que l'on veuille bien se reporter à la figure 6 de la même planche, et l'on verra qu'en faisant usage d'un transporteur Temperley, un steamer peut, *avec les moyens dont il*

dispose, décharger lui-même ses marchandises soit sur des wagons roulant sur le terre-plein, soit sur le plancher du premier étage d'un magasin situé à 9 m de l'arête du mur de quai, non seulement aussi facilement que la grue mentionnée plus haut, mais avec une rapidité qui, dans certains cas, peut être double. (C'est surtout avec le charbon, le blé en sacs, en un mot avec des chargements homogènes et constitués par des charges de même poids, que l'on arrive au meilleur rendement en raison de la facilité de l'élinguage.)

Un déchargement ainsi effectué ne coûtera rien au destinataire puisque les chartes-parties stipulent toujours que ce dernier aura le droit de se servir gratuitement des treuils du bord, tandis que l'usage des grues est soumis à des taxes variables de 0,25 à 0,50 *f* par tonne ou à des locations de 10 *f* l'heure de jour et 20 *f* celle de nuit.

A Trieste, l'accostage par le steamer d'un quai outillé entraîne le paiement d'une location de 18 *f* par jour par grue se trouvant au droit de chaque écoutille, que cette grue *soit utilisée ou non*. L'emploi de l'appareil Temperley a encore un avantage très grand, c'est que la circulation sur les terre-pleins reste complètement libre. Un steamer peut, après son déchargement, se recharger en faisant passer les marchandises à embarquer au-dessus de celles qui viennent d'être déposées. L'arrimage et l'empilage se font avec une grande précision.

Je dois signaler une application très intéressante qui a été faite de l'appareil Temperley et qui a eu un assez grand retentissement : je veux parler du ravitaillement en combustible d'une flotte en pleine mer et en marche.

L'Amirauté britannique a commencé par faire l'essai du ravitaillement d'un torpilleur. Ce dernier était figuré par un remorqueur de faible tonnage *(fig. 4, pl. 141)*. Les deux steamers naviguaient parallèlement à une distance aussi constante que possible et à la vitesse de 10 nœuds. Le plus petit était remorqué par le plus grand et dirigeait son gouvernail comme s'il eût voulu s'en écarter. On put s'assurer que, par mer calme, l'appareil Temperley fonctionnait avec une précision telle qu'il était possible de faire passer d'un bord à l'autre 40 *t* à l'heure et par appareil. Ces expériences ont été faites en 1894 sur le *Royal Sovereign*, un des plus puissants cuirassés de la flotte anglaise. Le pont étant percé d'ouvertures suffisantes pour permettre l'écoulement rapide du combustible, celui-ci, mis en sacs, était d'abord déposé au droit de l'appareil

Temperley, puis sur des diables et amené devant les orifices de chargement.

On peut indifféremment, en raison de l'inclinaison de l'appareil qui, pour cette application, doit être au minimum de 0,15 par mètre, installer le transporteur Temperley sur l'un ou l'autre des deux steamers, sur le ravitaillé comme sur le ravitailleur. Ces expériences ont été répétées dans toutes les flottes de guerre du continent et les journaux ont parlé tout dernièrement d'une expérience faite à Toulon, en pleine mer, à la vitesse de 6 1/2 *n*, sur le *Richelieu* en présence de l'amiral Gervais. On a pu embarquer, à une vitesse commune de 6 1/2 *n*, 30 *t* de charbon.

Transporteurs fixes Temperley.

Mais indépendamment des intéressantes applications qui viennent d'être signalées, je dois mentionner d'une manière toute spéciale les différentes applications qui ont été faites de transporteurs Temperley installés d'une manière permanente sur les terre-pleins ou dans les magasins.

Les différentes figures de la planche 140 représentent des dispositions que l'on peut varier à l'infini et qui résultent des circonstances locales. Dans la figure 6, on voit une installation très originale et qui semble digne d'une attention spéciale. Il s'agissait de prendre le charbon à bord d'un navire et d'en faire un tas de 5.000 *t*. Sur un mât haubanné est installé un treuil électrique actionnant deux chariots mobiles sur deux poutres de 24 *m* également haubannées sur le mât. La première poutre est braquée successivement au-dessus des écoutilles du charbonnier. La benne accrochée au chariot, après avoir été transportée au pied du mât, est déposée sur une plaque tournante d'un diamètre de 2 *m* environ, amenée par la rotation de cette plaque à l'aplomb du câble de la seconde poutre et immédiatement élevée et transportée à la distance et dans la direction voulue pour garnir le tas qui, dans cet exemple, est demi-cylindrique. Les figures 1 et 2 présentent deux autres dispositions pour la mise en tas et s'appliquant à deux cas spéciaux : celui où l'inclinaison de la rive force le navire à s'éloigner de la berge, celui au contraire *(fig. 2)* où le mur de quai est droit. Dans ces deux dispositions, les passerelles montées sur pylone mobile, se déplaçant sur rails parallèles à la rive, portent deux poutres de transporteurs Temperley et sur lesquelles

roulent deux chariots mobiles. On arrive, malgré la distance de transport, à décharger 80 *t* à l'heure et le charbon étant déposé sur le tas déjà formé donne beaucoup moins de déchets (menus poussiers) que lorsqu'il est projeté d'une certaine hauteur.

La figure 9 représente un chevalet métallique monté sur rails et portant un transporteur Temperley. Ce type montre qu'avec le treuil du navire accostant le quai, on peut décharger avec une poutre de 18 *m* à une distance égale à la longueur de la poutre diminuée de la demi-largeur du navire.

Les figures 11, 12, 13, 14, 15 et 16 montrent deux applications en cours d'exécution et qui caractérisent encore plus complètement que les précédentes les avantages considérables réalisés par la suppression du mouvement de rotation des appareils de levage employés jusqu'à ce jour.

La figure 12 représente la coupe transversale d'un magasin de 30 *m* de hauteur situé au bord de la Tamise et accosté par des chalands amarrés sur quatre rangs; la distance extrême, mesurée de l'axe du dernier chaland au mur de façade du magasin, est de 24 *m*. Comme la Tamise est soumise à des marées atteignant des amplitudes de 4 *m*, il fallait que la marchandise pût être prise sur chaque chaland, en cas d'échouage. Aussi M. Temperley a-t-il imaginé d'installer une longue poutre en acier, de 24 *m* de portée haubannée sur le bâtiment. Cette poutre peut être relevée contre le mur de façade au moyen d'une série de treuils installés sur la terrasse du magasin et elle se prolonge dans l'intérieur de l'étage A. La marchandise prise dans chacun des chalands peut être transbordée dans un autre ou bien élevée, amenée dans l'intérieur du magasin à l'étage A et déposée à des distances égales sur le plancher.

L'étage B peut être également desservi par le transporteur en abaissant la charpente mobile à laquelle sont suspendues les trois poutres des transporteurs *(fig. 14)*.

On peut, par cette ingénieuse disposition, non seulement mettre la marchandise directement en magasin, mais aussi lui faire traverser toute la profondeur d'un bâtiment pour la décharger sur des camions circulant sur une rue parallèle à la Tamise et dont l'absence de terre-plein rendait l'accès direct impossible.

La figure 15 représente une disposition très simple permettant de prendre la marchandise en cale, de la mettre directement sous un hangar de rive et de l'empiler jusqu'à une hauteur de 0,75 *m* au-dessous de la poutre du transporteur.

On voit *(fig. 16)* que la poutre étant suspendue et articulée, on peut lui donner différentes directions et la relever pour permettre l'accostage des navires bord à quai. On remarquera qu'en installant dans l'axe de chaque travée des transporteurs Temperley dans une direction perpendiculaire à celle du transporteur affecté au chargement ou au déchargement du navire, on peut déposer la marchandise aussi bien dans le sens transversal que dans le sens longitudinal.

Le bruit que fait le linguet du chariot mobile en passant sur les ressauts de la poutre permet à l'homme préposé à la manœuvre du treuil de se rendre compte de la station à laquelle le chariot est parvenu. On a pu, en comptant le nombre des stations franchies, arriver à prendre ou à décharger des marchandises la nuit à la distance voulue.

En résumé, le transporteur Temperley est un appareil extrêmement commode et puissant à la fois, capable d'assurer d'une manière complète toutes les opérations courantes (1) de chargement ou de déchargement des navires. Le moteur qui l'actionne consiste en un simple treuil à changement de marche et à frein, mû par la vapeur, le gaz, le pétrole ou l'électricité. Il convient aussi bien aux installations provisoires qu'aux installations fixes et se prête à toutes les modifications qu'entraine l'exploitation d'un port fréquenté par des steamers des types les plus divers. Ces types, en Angleterre, varient constamment au point qu'un steamer ayant dix ans d'âge est considéré comme démodé et incapable de soutenir une concurrence.

Pour toutes ces raisons, je n'ai pas hésité, à la suite de l'étude faite sur l'outillage des principaux ports de l'Europe, à en conseiller l'emploi à la Société des quais, docks et entrepôts de Constantinople.

Cette Société vient de livrer à l'exploitation la première section d'une longueur de 750 *m* environ, comprise entre l'arsenal de Tophané et le pont de Karakeuy. Sur ce terre-plein ont été installés à une distance de 50 *m* les uns des autres, des encastrements destinés à recevoir des mâts de charge supportant des transporteurs Temperley.

Un autre transporteur a été monté sur chaland et est employé

(1) J'entends par opérations courantes celles qui s'effectuent sur les charges moyennes des marchandises prises en cale et déposées sur terre-plein, ces charges étant de 750 *kg* et ne dépassant jamais 1 000 *kg*.

au déchargement des voiliers et des mahonnes, d'un type spécial, ayant un creux de 2,50 *m*. On arrive avec cet appareil à décharger 50 *t* à l'heure.

Grâce à l'intelligente initiative de M. Diricq, gérant de l'entreprise Duparchy, secondé par MM. Adam et Sabouroux, ingénieurs, le port de Constantinople pourra, dans un avenir peu éloigné, être cité parmi ceux qui sont dotés de l'outillage le plus rationnel, le plus économique, tout en se prêtant plus facilement que tout autre aux exigences si multiples et variées de l'exploitation.

CHRONIQUE

N° 186

Sommaire. — Expériences sur le rendement organique des machines à vapeur. — Appareil pour refroidir les eaux de condensation. — Le pont projeté sur l'Hudson. — L'usine de Soho. — Le plus grand navire à voiles du monde.

Expériences sur le rendement organique des machines à vapeur. — Le rendement organique des machines à vapeur, c'est-à-dire le rapport entre le travail produit sur l'arbre, tel par exemple qu'on l'obtient par l'application du frein de Prony et le travail développé sur le piston, tel qu'on le mesure sur un diagramme d'indicateur, varie avec la puissance, dans des conditions qui ne sont pas régies par des règles absolues et au sujet desquelles on a beaucoup discuté. Quoi qu'il en soit, si on connaissait, pour chaque valeur du travail fourni par une machine, le rapport entre le travail sur l'arbre et le travail sur le piston, on pourrait tracer une courbe de rendement dont l'utilité va être démontrée.

M. E. Stassano, capitaine d'artillerie dans l'armée italienne, a donné dans la *Revista di Artiglieria e Genio*, une intéressante étude sur cette question. Il part de ce fait, que lorsqu'une machine est en marche régulière actionnant un atelier ou des outils quelconques, il n'est point possible de connaître le travail effectif accompli, à moins qu'on n'emploie un dynamomètre, ce qui n'est pas toujours possible et entraîne des observations délicates, ou qu'on ne connaisse le travail absorbé par les outils, ce qui est exceptionnel.

Au contraire, le travail produit sur le piston peut être mesuré au moyen de l'indicateur, à chaque instant, sans gêne pour la marche de la machine et d'une manière facile. Si donc on connaît la relation entre le travail sur l'arbre et le travail sur le piston pour toutes les valeurs de celui-ci, on pourra passer de l'un à l'autre avec la plus grande facilité et du travail sur le piston déduire, pour chaque cas, le travail effectif développé sur l'arbre.

Les expériences ont été effectuées sur une machine à vapeur des ateliers de la direction territoriale d'artillerie à Rome. C'est une machine horizontale sans condensation à un seul cylindre et bâtis en baïonnette, construite en 1889 par la maison Franco Tosi, de Legnano. Cette machine est à distribution à soupapes du système Sulzer à admission variable contrôlée par un régulateur Porter. Le marché spécifiait que la machine devait développer normalement 35 *ch* effectifs à la pression initiale de 5 *atm* et que le travail devait, sans inconvénient pour la machine, pouvoir être porté à un maximum de 45 *ch*. Au régime normal

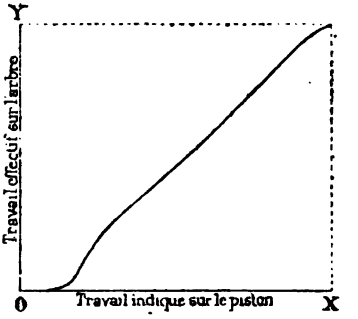
de 35, le rendement organique devait être de 80 0/0 au moins et la consommation ne pas dépasser par cheval effectif et par heure 1,65 *kg* de charbon de Cardiff brûlé sur la grille d'une des deux chaudières faisant partie de la fourniture. Ces chaudières, du type de Cornouailles, ont chacune un seul foyer avec quatre tubes Galloway et une surface de chauffe de 48 m^2. Chacune suffit à alimenter la machine; elles peuvent fonctionner à une pression maxima de 7 *atm*. Il était également indiqué que ces chaudières doivent vaporiser 9 *kg* d'eau par kilogramme du combustible spécifié ci-dessus.

Les essais de recette des appareils et le service fait depuis leur installation ont démontré que ces conditions étaient parfaitement remplies. Mais on a alors profité de la présence du frein de Prony pour établir la courbe de variation du rendement, non seulement pour la pression initiale de 5 *atm* indiquée au marché, mais encore pour celles de 6 et de 7 qui est le maximum auquel devaient pouvoir marcher les chaudières dans la prévision que ces pressions pourraient être employées plus tard, si le travail à fournir par l'atelier venait à augmenter dans d'assez grandes proportions.

Le résultat de ces expériences a été la construction de trois tableaux des coefficients de rendement, dont nous croyons devoir en reproduire un à titre de spécimen, celui qui correspond à la pression de 5 *atm*.

NUMÉROS DES ESSAIS	CHARGE DU FREIN	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE	ADMISSION EN CENTIÈMES DE LA COURSE	TRAVAIL EFFECTIF EN CHEVAUX	TRAVAIL INDIQUÉ EN CHEVAUX	POURCENTAGE DU TRAVAIL UTILE AU TRAVAIL NORMAL	RENDEMENT ORGANIQUE
1	»	75	2,10	»	7,00	»	»
2	10	»	2,70	3,15	10,55	9,00	0,30
3	20	»	3,10	6,30	11,96	18,00	0,53
4	30	»	3,80	9,45	15,61	27,00	0,60
5	40	»	4,60	12,60	16,50	36,00	0,76
6	50	»	5,00	15,75	20,40	45,00	0,77
7	60	»	5,40	18,90	24,15	54,00	0,78
8	70	»	6,90	22,05	28,37	63,00	0,78
9	80	»	8,10	25,20	31,97	72,00	0,79
10	90	»	8,60	28,35	34,57	81,00	0,82
11	100	74	9,23	31,08	37,16	88,71	0,84
12	110	»	10,90	34,19	40,60	94,83	0,87
13	120	»	11,10	37,30	42,63	106,57	0,87
14	130	»	12,30	40,40	46,08	115,71	0,88
15	140	»	12,70	43,51	49,67	124,32	0,88
16	150	»	14,20	46,62	52,48	133,20	0,89
17	160	»	15,40	49,73	56,24	142,14	0,88
18	170	»	18,10	52,84	62,57	150,97	0,84

Ces tableaux se traduisent graphiquement par des courbes de rendement dont les abscisses sont les travaux indiqués et les ordonnées les travaux effectifs et dont la forme générale est indiquée sur la figure. Le bas a une courbure assez prononcée, la partie moyenne sur une grande longueur diffère peu d'une ligne droite, mais a cependant une légère convexité vers la droite et la partie supérieure s'infléchit légèrement vers l'horizontale; cette inflexion est d'ailleurs d'autant moins prononcée que la pression est plus élevée.



On peut conclure de l'examen des courbes et des tableaux que :

1° Malgré les erreurs inévitables dues à la difficulté de faire coïncider à chaque point les relevés de diagrammes d'indicateur et les observations au frein, de calculer exactement les aires des diagrammes, etc., l'ensemble des observations présente une régularité tout à fait satisfaisante;

2° La loi de variation du rendement est à peu de chose près la même, quelle que soit la pression initiale; le rendement est toutefois légèrement supérieur pour la pression de 5 *atm* qui est celle de la marche normale;

3° Quand la machine ne travaille qu'au tiers à peu près du travail normal, le rendement atteint encore la valeur très admissible de 70 0/0;

4° Enfin, quand on pousse la machine jusqu'à un travail de 1 1/2 fois le travail normal, l'admission ne dépassant pas, même à ce taux, 18 0/0 de la course, le rendement est encore très élevé, de 84 à 86 0/0, ce qui est un indice favorable de la bonne construction de la machine et du soin avec lequel ont été étudiées ses dispositions.

Les résultats acquis dans cette première série d'expériences ont été utilisés pour une seconde série dans laquelle on s'est proposé de rechercher :

1° Le travail moyen absorbé par la marche simultanée de tous les outils des ateliers;

2° Le travail maximum correspondant à cette même marche;

3° Le travail absorbé par les transmissions principales et secondaires des ateliers;

4° La consommation d'eau et de combustible par cheval effectif et par heure pour la puissance correspondant à la marche de l'établissement.

Les outils actionnés comprennent 34 tours à métaux de diverses grandeurs, 4 raboteuses, 3 étaux limeurs, 12 machines à percer, 4 machines à tarauder, 3 alésoirs, un ventilateur Root pour neuf feux de forges, une grande cisaille, deux dynamos, dont une de 4 *ch* pour charger des accumulateurs et une petite pour galvanoplastie.

Le travail moyen absorbé pour la marche de ces machines a été trouvé pour la première journée des essais de 20 *ch*, pour la seconde de 22 *ch*, pour la troisième de 19,67, soit une moyenne de 20,56 *ch*. Le travail maximum a été trouvé de 27,60 *ch*. Le travail absorbé par les transmissions principales et secondaires a été de 13,19, ce qui réduirait au chiffre

très faible de 7,37 le travail moyen absorbé par les machines et à 14,41 le travail maximum.

Quant à la consommation de combustible, on l'a trouvée, pour la moyenne des trois jours, de 1,97 *kg* par cheval et par heure et celle d'eau de 19,33, ce qui donne une production de vapeur de 9,83 *kg* par kilogramme de combustible brûlé.

La méthode qui vient d'être exposée est ingénieuse et susceptible, comme on le voit, d'applications intéressantes. Elle suppose, bien entendu, que le moteur reste toujours dans les mêmes conditions d'entretien et de graissage, mais ce sont des conditions qu'il n'est pas bien difficile de réaliser et, d'ailleurs, on ne demande pas à cette méthode une précision absolue. Elle n'est, du reste, applicable qu'à des machines à détente automatique, c'est-à-dire où l'admission est contrôlée par le régulateur; mais ces machines forment aujourd'hui l'immense majorité, de sorte que ce n'est pas une objection.

Appareil pour refroidir les eaux de condensation. — Dans une communication à l'*American Institute of Mining Engineers*, M. Carl Heinrich a fait connaître une disposition très simple d'appareil pour refroidir l'eau établi dans les circonstances suivantes :

Dans une usine métallurgique de Ducktown (Tennessée) on manquait d'eau pour l'alimentation des chaudières et pour les enveloppes à circulation des fours de fusion et des tuyères. Les eaux environnantes étaient contaminées par celles provenant des puits contenant du sulfate de fer et l'eau pure était en quantité insuffisante, on ne pouvait disposer que de sources donnant ensemble 150 à 180 *l* par minute, alors que le volume nécessaire était de 1 000 à 1 200 *l*.

M. Heinrich entreprit l'installation d'un appareil de refroidissement pouvant ramener cette eau de la température de 85 à 90 degrés C. à la température ordinaire.

L'appareil, comme tous ceux qu'on emploie actuellement pour cet usage, est basé sur le principe des bâtiments de graduation des eaux salées, mais il est d'une construction extrêmement simple : il se compose d'une charpente en bois formée de montants verticaux appuyés par des contrefiches obliques et réunis par des cadres. Sur les montants verticaux sont établies des traverses horizontales parallèles très rapprochées, sur lesquelles sont clouées des planchettes ayant 0,10 *m* de largeur et 0.025 *m* d'épaisseur sur une longueur de 4,80 *m*. Ces lattes sont bien droites. On les cloue sur les traverses en laissant entre chacune et les voisines un intervalle de quelques millimètres. Chaque couche est formée de 13 planchettes ainsi juxtaposées. Il y a en tout 29 couches superposées avec un intervalle vertical de 0,15 *m* entre elles. On a soin dans le montage que les intervalles horizontaux entre les planchettes voisines coïncident pour chaque couche avec le milieu des planchettes de la couche supérieure et inférieure. Ces intervalles sont ainsi croisés d'une couche à l'autre. L'ensemble de l'appareil présente l'aspect d'un parallélipipède de 3 *m* de longueur, 2,50 *m* de largeur et 6 *m* de hauteur.

L'eau amenée par une pompe à vapeur dont le cylindre a 0,30 *m* de diamètre et le plongeur 0,175 *m* avec course commune de 0,35 *m*, pouvant

débiter 750 *l* d'eau par minute à la vitesse de 30 *m* dans le même espace de temps, arrive dans un bassin placé à la partie supérieure de l'appareil et dont le fond est criblé de petits trous, tombe sur la première couche de planches dont, par les intervalles, elle retombe en minces filets sur la seconde couche, et ainsi de suite jusqu'au bas, où elle est recueillie complètement refroidie dans un bassin communiquant avec des réservoirs, où elle est reprise au fur et à mesure des besoins.

L'appareil est ouvert de tous les côtés pour la circulation de l'air qui se fait naturellement. Toutefois, lorsqu'il fait du vent, on est obligé de placer sur un des côtés des écrans en planches pour éviter une trop grande perte d'eau.

On indique que le débit des sources qu'on a vu être au maximum de 180 *l* par minute est plus que suffisant pour parer à la perte résultant du refroidissement de 1200 *l* dans le même temps de 90 à 10 degrés C.

On voit que l'appareil est extrêmement simple, toutefois quelques précautions sont à prendre dans son installation. Il faut employer du bois qui puisse subir sans s'altérer et surtout se déjeter les alternatives d'humidité et de sécheresse; les planchettes doivent être aussi lisses que possible et posées parfaitement de niveau, autrement l'écoulement de l'eau ne se ferait pas d'une manière uniforme.

L'ouvrage en bois a coûté, y compris la pose, 1500 *f*, à quoi il faut ajouter 25 *f* de peinture et 75 *f* pour préparer le terrain et l'aplanir, total 1 600 *f*. L'auteur fait remarquer que si l'installation était faite pour refroidir des eaux de condensation dont l'abaissement de température correspondrait seulement à la moitié de celui dont il s'agit ici, le volume d'eau pourrait être doublé et arriverait à tout près de 150 000 *l* par heure. Ce volume correspondrait à la consommation d'eau de condensation nécessaire pour une machine donnant 1 000 *ch* indiqués et plus du double si on opérait la condensation à une température plus élevée, ainsi qu'il ressort des chiffres donnés par notre collègue, M. Compère, dans son mémoire inséré au *Bulletin* d'octobre 1894.

Le pont projeté sur l'Hudson. — Le pont projeté sur l'Hudson, entre New-York et New-Jersey, paraît approcher de la période de réalisation. La Compagnie du pont aurait accepté l'étude de la Union Bridge Company et ce projet va être soumis au département de la guerre.

Ce projet comporte un pont suspendu rigide donnant un passage libre de 948,55 *m*, avec 45,75 *m* de hauteur au point le plus bas, au-dessus des hautes mers. Le tablier serait porté par deux énormes poutres en bow-string d'une hauteur maxima de 61 *m* avec articulation au milieu et sur les culées. Les deux grandes piles en acier s'élèveraient à 179,10 *m* au-dessus des hautes mers, elles reposeraient sur des fondations en granit descendues à 37 *m* de profondeur. Ces tours seraient renforcées par des jambes de force reposant elles-mêmes sur des piles accessoires en maçonnerie. Le tablier serait soutenu par 12 câbles dont 2 sur chaque côté de chaque poutre et 8 au milieu. Ces câbles auront 0,584 *m* de diamètre et seront formés de fils d'acier ayant une résistance à la rupture de 125 *kg* par millimètre carré.

Les câbles seront fixés sur les tours, au lieu de reposer sur elles par

des rouleaux; ils iront s'attacher par des ancrages puissants au fond de galeries pratiquées, du côté de New-York, dans d'énormes massifs en maçonnerie et, du côté de New-Jersey, dans le rocher naturel.

Les poutres seront écartées de 38 *m* et les poutrelles qui les réunissent seront divisées en trois parties par les câbles de suspension. Le tablier recevra six voies de chemins de fer. Les poutres seront assemblées avec des broches pour le montage et, une fois celui-ci effectué, on fera les assemblages par rivetage. On espère obtenir, par ce mode de construction, assez de rigidité pour faire circuler les trains à grande vitesse. La charge est calculée à raison de 4 1/2 *t* par mètre courant de voie.

Du côté de New-York, le pont aborde entre les 68e et 69e rues et l'accès s'opère avec une rampe de 8 0/00 par deux travées, l'une de 120 *m* et l'autre de 173 *m* passant au-dessus des voies du New-York Central R. R., sur une largeur de 30 *m*. Du côté du New-Jersey, l'accès se fera par une rampe portée sur arcades.

Le « Union Bridge Co » s'engage à exécuter la totalité du travail pour un prix ne dépassant pas 125 millions de francs.

L'usine de Soho. — Nous pouvons ajouter quelques renseignements tout récents à ceux que nous avons donnés dans la Chronique de mars dernier relativement à la vente de la célèbre usine de Soho.

Les ateliers qui viennent d'être vendus ne sont pas, en réalité, la fabrique qui vit naître la machine à vapeur de Watt; celle-ci qui, comme nous l'avons indiqué, existait déjà depuis longtemps, devenue promptement insuffisante pour la construction des nouveaux moteurs, avait été remplacée dès 1775 par une autre établie à 1 500 *m* environ de la première. Celle-ci a été réservée depuis à d'autres travaux et a été démolie en 1850.

La *fonderie* (1) actuelle de Smethwick, celle de 1775, a été vendue ces jours derniers à MM. W. et T. Avery, de Birmingham, avec le matériel et l'outillage, mais sans le nom de James Watt et la clientèle. Ces messieurs veulent en faire une succursale de leurs ateliers de Birmingham. Le musée a été acheté par M. G. Tangye, le constructeur bien connu.

Un rédacteur de l'*Engineer* qui a visité la fabrique de Soho au moment de la vente dit qu'on se figurerait difficilement l'aspect antédiluvien de l'usine et de son matériel; des moteurs remontant au temps de Watt, des chaudières de forme antique, réparties dans neuf emplacements différents, et dont pas une n'est faite pour supporter une pression effective supérieure à 1/2 *kg*, des machines-outils démodées dont les supports et bâtis sont pour plusieurs formés en partie par les murs de l'usine, etc. On se demande comment avec des moyens aussi primitifs, l'établissement a pu marcher jusqu'à ces derniers jours et lutter avec des ateliers outillés d'une manière moderne. On trouvait encore à la fonderie et au

(1) A l'origine, toutes les fabriques de machines en Angleterre s'appelaient des fonderies *(foundry)* et ce nom s'est conservé. Cela vient évidemment de ce que la fonderie en était d'abord la partie la plus importante. Cet usage se retrouve en dehors de l'Angleterre. Actuellement encore les ateliers de la Société Alsacienne de construction mécanique, qui sont les anciens ateliers André Kœchlin, ne sont désignés à Mulhouse que sous le nom de la *fonderie*.

montage des pièces de machines, notamment pour des élévations d'eau, dont le travail est bon, mais devait coûter extrêmement cher.

On sait que Watt mourut en 1819; la maison continua sous le nom de Boulton et Watt sous la direction des fils des fondateurs, puis sous le nom de James Watt et C^ie^ sous la direction de Watt fils qui mourut en 1848. Elle avait conservé jusqu'à ces derniers jours la même raison sociale sous la direction de M. H.-V. Blake entré comme associé quelques années avant la mort du fils du grand mécanicien.

L'usine de Soho est très bien placée au point de vue des communications, canaux et chemins de fer, et occupe 8 *ha* de terrain. Avec un outillage moderne, elle pourra retrouver une nouvelle ère de prospérité.

Le plus grand navire à voiles du monde. — Dans les chroniques de juillet 1892 et février 1893, nous avons donné quelques renseignements sur le plus grand navire à voiles de l'époque, le *Maria Rickmers*, du port de Brême, qui périt corps et biens dans les parages de la Sonde au retour de son premier voyage.

Aujourd'hui, ce rang appartient au *Potosi* qu'on achève dans les chantiers de Tecklenborg, à Geestemund, pour le compte de la maison d'armement F. Laeisz, de Hambourg.

Voici sur ce navire quelques chiffres extraits d'un article donné par M. C. Busley dans le *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure :*

La coque a les dimensions suivantes :

Longueur sur le pont.	120,10 *m*
— entre perpendiculaires. . . .	110,33
Largeur.	15,16
Creux sous le pont supérieur	9,51

Le déplacement en charge atteindra 11 200 m^3 et le tonnage *(registered)* 3 955 *tx* bruts et 3 780 nets. Le port en lourd peut être estimé à 6 150 *tx*. Le tirant d'eau avec le chargement maximum atteindra 7,62 *m*, celui des plus grands cuirassés. La coque est entièrement en acier Martin-Siemens, elle est divisée en onze compartiments étanches et est munie d'un double fond pouvant servir de water-ballast.

Le navire possède cinq mâts et un beaupré, quatre des mâts portent une voilure carrée, et le dernier, celui de l'arrière, des voiles goélettes. Les mâts à voiles carrées ont les mâts de hune de la même pièce et des mâts de perroquets rapportés. Ces mâts sont en tôle d'acier; le grand mât a 45,20 *m* de longueur sur 0,850 *m* de diamètre à la partie inférieure et 0,460 *m* à la partie supérieure; il est prolongé par un mât de hune en pitchpin de 17 *m* de longueur, de sorte que la pomme de pavillon se trouve à 61 *m* au-dessus de la flottaison en charge, hauteur qui serait déjà considérée comme respectable pour un clocher d'église. La grande vergue, également en tôle d'acier, a 30 *m* de longueur sur 0,630 de diamètre au milieu. La surface de la voilure ordinaire, non compris les voiles supplémentaires, est de 4 700 m^2. Les manœuvres dormantes sont en fil d'acier et les manœuvres courantes en chanvre de Russie. Le *Potosi* pourra effectuer son premier voyage dans le courant de l'été.

Les mêmes chantiers ont déjà livré à des armateurs de Hambourg

deux navires analogues, le *Placilla* et le *Piragua*, un peu moins grands et à quatre mâts seulement.

Il est intéressant de rapprocher des dimensions du *Potosi* celles d'un des plus beaux spécimens de l'ancienne flotte de guerre dont la mâture est probablement la plus forte qui ait été faite alors.

Le vaisseau de 120 canons, le *Valmy*, construit en 1845, avait 64,25 *m* de longueur à la flottaison, 18,10 *m* de largeur et 8,6 *m* de tirant d'eau à l'arrière; il déplaçait 5 230 *tx*. Le grand mât avait, de la flottaison au sommet, 74 *m*, soit 13 *m* de plus que le *Potosi*, et 1,07 *m* de diamètre maximum; la grande vergue avait 36,50 *m* de longueur sur 0,755 *m* de diamètre au milieu, mais la surface totale de voilure n'atteignait que le chiffre de 3 350 m^2, soit les 71 centièmes de celle du *Potosi*, pour un déplacement de moitié, mais, il est vrai, une surface de maitre-couple un peu supérieure. En somme, c'est 0,64 m^2 de voilure par tonneau de déplacement, tandis que c'est 0,40 m^2 seulement pour le *Potosi*.

COMPTES RENDUS

SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE

Avril 1895

Rapport de M. Raffard sur un système de **joints amovibles à bagues en caoutchouc,** pour tuyaux à bouts unis, présenté par M. Boramé, Ingénieur civil à Paris.

Les joints en caoutchouc qui ont à peu près remplacé partout les anciens joints en plomb présentent toutefois l'inconvénient de l'incertitude du serrage à leur donner et qui ne doit être ni insuffisant ni exagéré. Le joint Boramé est à compression automatique; il y a deux bagues en caoutchouc entre lesquelles se trouve le joint et qui sont, par conséquent, écartées l'une de l'autre et pressées contre les rebords du manchon par la pression intérieure de la conduite. Ce système paraît répondre à tous les *desiderata*.

Rapport de M. Ed. Simon sur les appareils de sécurité pour l'**arrêt à distance des moteurs,** de M. Lucien Meyer.

Ces appareils, dont le but est le même que ceux qui ont été décrits dans un précédent rapport (voir Comptes rendus de février, page 319) sont au nombre de trois : l'*obturateur*, le *frein* et l'*indicateur de vitesse*.

L'obturateur consiste en un clapet logé dans une boite placée sur la conduite du fluide moteur, vapeur, gaz, air comprimé, etc.; il est maintenu par un levier et un cliquet que peut dégager un électro-aimant. Quand le déclenchement du rochet a lieu par une commande opérée à distance sur un bouton électrique, un sifflet se fait entendre. Le frein est formé de galets en caoutchouc interposés entre le volant du moteur et un coursier excentré en tôle placé sous celui-ci. Ce frein est tellement énergique qu'il est nécessaire de régler son action pour éviter les accidents que pourrait amener un arrêt trop brusque.

L'indicateur de vitesse est basé sur la dépression formée à la surface d'un liquide contenu dans un vase tournant autour d'un axe vertical; ce liquide qui est du mercure baissant au centre se relève à la circonférence où il comprime plus ou moins de l'air et un manomètre donne des indications correspondant à la vitesse de rotation. Si on place des contacts électriques aux positions que l'aiguille du manomètre ne doit pas dépasser, et que ce contact actionne les appareils d'arrêt précédents, on conçoit qu'on pourra obtenir l'arrêt automatique du moteur en cas d'emballement.

Les appareils qui viennent d'être décrits peuvent être employés séparément ou combinés ensemble. Ils sont relativement simples et d'une construction robuste, et leur efficacité a été démontrée par la pratique.

Rapport de M. Brull sur l'**embrayage progressif**, système **Farjasse**, construit par M. Chouanard.

Cet appareil est de la classe des embrayages à enroulement à plusieurs tours fondés sur le même principe que le frein funiculaire Lemoine, un faible effort exercé à l'extrémité d'un lien flexible enroulé sur un cylindre produisant un frottement considérable. Dans l'appareil Farjasse, ce lien est un ruban formé de fils ronds d'acier doux non trempé dont le nombre diminue graduellement jusqu'à ce qu'il n'en reste plus qu'un seul. Ces fils sont soudés ensemble pour former une nappe à section diminuant progressivement et le ruban est placé à l'intérieur d'un manchon auquel il est fixé par une extrémité, tandis qu'à l'autre il est rendu solidaire d'une petite poulie à gorge qui tourne folle sur le manchon. Ceci posé, si au moyen d'une cordelette, on retarde la rotation de cette poulie, le ruban tend à se dérouler et vient s'appliquer sur le moyeu de la pièce à entraîner et l'embrayage se produit progressivement et sans choc; le débrayage se produit d'une manière inverse.

Rapport de M. Imbs sur l'ouvrage de M. Delessart intitulé : **La filature du coton par les machines modernes.**

Rapport de MM. Hirsch et Lavollée sur une demande de récompense en faveur de M. Ch. Tellier pour la **conservation de la viande et des denrées alimentaires par le froid.**

M. Tellier a été le véritable initiateur de l'emploi du froid pour la conservation des aliments; ses premiers essais remontent à 1860, et en 1869 un navire, le *Frigorifique*, aménagé par ses soins, amena de la Plata à Paris un chargement de viandes fraîches. Les rapports reconnaissent l'importance des travaux de M. Tellier et les services qu'il a rendus à l'industrie de la conservation des denrées alimentaires.

Rapport de M. Lavalard sur une **table pour opérations chirurgicales** de M. A. Malherbe, vétérinaire.

C'est une table à bascule d'une disposition très simple qui permet de pratiquer, d'une manière facile et sans danger, les opérations chirurgicales sur les animaux domestiques.

Des améliorations apportées à la production agricole pendant l'année 1893-94, par M. Schribaux, professeur d'agriculture spéciale à l'Institut national agronomique.

Sur un **manuscrit de Gonfreville intitulé « l'Art de la » teinture en coton »**, par J. Garçon.

Étude sur la **constitution chimique des alliages** d'après les mesures de conductibilité électrique, par Calvert, Matthiessen, Lodge, Roberts-Austen, Kamensky. Extrait par M. Le Chatelier.

Influence de l'aluminium sur l'état du carbone dans les alliages de fer et de carbone, par M. T.-W. Hogg. (Extrait de l'*Iron and Steel.)*

Usage de la dolomie dans les hauts fourneaux. (Extrait des *Transactions of the American Institute of Mining Engineers.*)

Du silicium dans la fonte. (Extrait de l'*Iron and Steel.*)

Évaluation de l'humidité de la vapeur, par le professeur W. Cawthorne Unwin. (Extrait des publications de l'*Institute of Naval Architects.*)

L'eau contenue dans la vapeur peut provenir de projections, de condensation par variation de pression, ou enfin de refroidissement. L'auteur passe en revue les divers procédés proposés pour évaluer la proportion de cette eau dans la vapeur. Il ne considère pas les méthodes chimiques comme susceptibles d'une exactitude suffisante. Dans son opinion, le calorimètre lamineur sans aspirateur est le meilleur procédé pour de la vapeur ne dépassant pas 2 0/0 d'humidité. Au delà on peut employer le séparateur sans lamineur. Quand il y a beaucoup d'entrainement, il est préférable de faire passer toute la vapeur dans un séparateur ordinaire, de doser l'eau séparée, puis de faire passer la vapeur ainsi desséchée en partie, dans un calorimètre séparateur ou lamineur. La prise de la vapeur doit de plus toujours être faite sur un tuyau horizontal et jamais sur un tuyau vertical. D'ailleurs, dans ces recherches, la grande difficulté est toujours d'obtenir un échantillon moyen de la vapeur.

Production du vin et utilisation des principes fertilisants par la vigne, par M. A Muntz.

ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES

Avril 1895.

Note sur le **rivetage à pied d'œuvre par pression hydraulique** du tablier du pont sur l'Oignon (ligne de Lure à Loulans-les-Forges), par M. Geoffroy, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

Un essai de rivetage mécanique à pied d'œuvre a été fait en 1888 sur le chantier de montage du pont du Borne (ligne de la Roche à Cluses) (voir comptes rendus d'octobre 1890, page 658). On n'a pu alors poser que 23 0/0 seulement des rivets de montage. L'auteur indiquait qu'on pourrait arriver à une proportion plus élevée avec des appareils perfectionnés dont le principe essentiel était la séparation absolue de l'appareil de compression et de la riveuse proprement dite.

La nouvelle machine avec laquelle a été faite le rivetage du pont sur l'Oignon comprend :

1° Une pompe actionnée par une locomobile;

2° Un accumulateur;

3° Un pont mobile placé à la partie supérieure des poutres, sur lequel se meuvent des chariots munis de treuils auxquels sont suspendues les riveuses;

4° Les riveuses proprement dites, munies de leurs distributeurs. Un tuyautage métallique rigide ou articulé, suivant les cas, réunit entre eux ces divers appareils.

Voici quelques renseignements sur la production du travail par ces riveuses dont le fonctionnement a été plusieurs fois interrompu par des accidents dus à ce que le personnel n'était pas suffisamment habitué à leur emploi. Les deux riveuses ont fonctionné cinquante jours simultanément et une seule seize jours, soit 116 journées de machine, pendant lesquelles on a posé 10 036 rivets, soit 87 par journée. On peut estimer que la main-d'œuvre a été de 0,287 *f* par rivet, alors que le prix moyen du rivetage à la main n'est que de 0,12 *f* par rivet. C'est donc un rapport de 2,6 entre les deux prix.

En revanche, si le prix du rivetage mécanique est plus élevé, le travail est meilleur et on peut effectuer des assemblages qu'on ne pourrait faire à la main, celui de plusieurs épaisseurs de tôle. Aussi le rivetage mécanique doit-il être prescrit pour les tabliers qui fatiguent beaucoup et dont les différents assemblages exigent l'emploi de rivets ayant une grande longueur de tige. L'installation du pont sur l'Oignon doit d'ailleurs être simplifiée et il paraît indispensable de supprimer les accumulateurs et de revenir à l'emploi de compresseurs mus à bras d'hommes convenablement disposés.

La déformation du lit des rivières à fond mobile et la loi de l'écart, par M. Clavel, Ingénieur des Ponts et Chaussées.

La petite rivière du Dropt, qui se jette dans la Garonne, se divise en deux bras peu avant sa jonction avec celle-ci. L'un de ces bras occupe depuis un siècle toujours le même emplacement, tandis que l'autre a subi des déplacements considérables de 1780 à 1840, époque à laquelle ont été exécutés les travaux de fixation des berges de la Garonne entre Barie et Castats. Ces déplacements atteignent des valeurs considérables, ils varient de 575 à 1 050 *m*, suivant les endroits.

L'auteur a établi la corrélation de ces déplacements avec la *Loi de l'écart* formulée par M. l'inspecteur général Fargue, d'après les faits observés depuis longtemps sur la Garonne, sous la forme suivante : La mouille est à l'aval du sommet concave et la plus grande saillie du banc est à l'aval du sommet convexe. Ce phénomène se réalise partout sur les rivières à fond mobile. Il s'est produit sur l'exemple observé jusqu'au moment où les berges ont été fixées par les travaux faits en 1840 sur la Garonne.

Ces considérations peuvent être étendues au cas des rivières à marées, en remarquant que les déformations du lit, dans ce cas, doivent résulter de la superposition des effets du jusant et du flot.

Mémoire sur l'**encastrement des arcs paraboliques** et des arcs circulaires et de son influence sur la résistance de ces arcs, par M. J.-A. Belliard, Ingénieur, ancien élève de l'École des Ponts et Chaussées.

L'auteur établit par le calcul et par des tracés graphiques l'effet avantageux pour la résistance des arcs paraboliques que produit l'encastre-

ment de ces arcs à leurs extrémités. Quant aux arcs circulaires, il fait observer que la question n'offre qu'un intérêt théorique, attendu que toutes les fois qu'on a à faire un arc dont le rapport de la flèche à l'ouverture dépasse 0,25, il y a un avantage incontestable à employer un arc parabolique, et cet avantage croit à mesure que le rapport augmente et, de plus, les arcs circulaires ne s'employant que pour des abaissements inférieurs au quart, les formules des arcs paraboliques s'appliquent attendu que, dans ce cas, l'arc circulaire se confond avec l'arc parabolique.

L'encastrement des extrémités des arcs se produit par de puissants tire-fonds scellés dans la maçonnerie et maintenant la section initiale de l'arc. Un calage réglable assure la direction tangentielle initiale de la fibre neutre.

De quelques mesures propres à augmenter la sécurité de l'emploi des **chaudières à petits éléments**, par M. C. Walckenaer, Ingénieur des Mines.

Cette note a déjà paru dans les *Annales des Mines*, et nous en avons rendu compte dans le *Bulletin* de décembre 1894, page 903.

Bulletin des **accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur** pendant l'année 1893.

Ce Bulletin a déjà été publié dans les *Annales des Mines*, et nous en avons rendu compte dans le *Bulletin* de mars, 1895, page 487.

ANNALES DES MINES

5e livraison de 1895.

Note sur les **appareils de fermeture de recettes** employés dans les mines du Pas-de-Calais, par MM. Fèvre et Weiss, Ingénieurs des Mines.

On sait qu'une circulaire ministérielle du 2 mai 1892 a prescrit à toutes les Compagnies houillères de munir, dans un délai de deux ans, toutes les recettes des puits de barrières mobiles capables de prévenir la chute des hommes et du matériel et pourvues de dispositifs tels que la fermeture des barrières soit assurée tant que la cage n'est pas à la recette.

La note a pour objet de décrire un certain nombre de types de ces appareils, choisis parmi les plus intéressants. On peut signaler au nombre de ceux-ci les systèmes dus à M. Catrice dont l'un, installé aux mines de Liévin, est basé sur l'emploi de l'air comprimé.

Note sur un **gisement de pyrite arsenicale aurifère**, dans le département de Maine-et-Loire, par M. Burthe, Ingénieur Civil des Mines.

Ce gisement situé à Montrevault, dans l'arrondissement de Cholet, et signalé depuis un certain nombre d'années, présente des excavations à ciel ouvert indiquant une ancienne exploitation qu'on peut attribuer aux Gaulois. L'examen des minerais et des quartz encore abondants dans les déblais a porté l'auteur à croire que c'était l'or que recherchaient les anciens mineurs, et l'analyse du mispickel recueilli a donné des proportions d'or variant de 5 à 310 *g* par 1 000 *kg*. A en juger d'après la disposition des excavations, il est vraisemblable d'admettre qu'elles ont été ouvertes sur un filon de quartz chargé de mispickel aurifère. Les fouilles dont il vient d'être question ne sont, d'ailleurs, pas les seules; on en retrouve d'autres, moins importantes, dans des localités voisines dans un rayon de 1 à 2 *km*.

Note sur la **question des poussières en Angleterre**, par M. Aguillon, Inspecteur général des Mines.

La Commission royale instituée en 1891 pour l'étude spéciale de la question, a déposé son rapport dont les conclusions sont nettement en faveur de la théorie des poussières. Ces conclusions sont les suivantes:

1° Le danger d'explosion dans une mine contenant du grisou, même en faible quantité, est considérablement accru par la présence des poussières;

2° Une explosion de gaz dans une mine grisouteuse peut être accrue et indéfiniment étendue par les poussières soulevées par l'explosion;

3° Les poussières seules, en l'absence de toute trace de gaz, peuvent causer une explosion dangereuse si elles sont allumées par un coup de mine ayant fait canon ou par toute autre violente inflammation. Toutefois, ce résultat ne peut se produire que dans des conditions exceptionnelles qui ne peuvent vraisemblablement se rencontrer que dans de rares occasions.

4° Les poussières sont inflammables et partant dangereuses à divers degrés; mais on ne peut dire avec certitude qu'il y ait des poussières ne présentant aucun danger;

5° Il ne paraît y avoir aucune probabilité qu'une explosion dangereuse de poussières seules puisse jamais être produite dans une mine par une lampe à feu nu ou par une flamme ordinaire.

Les moyens proposés pour faire disparaître ou au moins atténuer les dangers indiqués sont l'interdiction de la poudre noire et l'emploi exclusif des explosifs sans flamme et l'emploi de l'arrosage. De plus, la Commission conseille d'effectuer le tirage des coups de mine entre les postes lorsque la majorité du personnel est hors de la mine.

M. Aguillon est d'avis qu'on peut formuler quelques réserves au sujet des conclusions qui précèdent; elles ne diffèrent d'ailleurs pas beaucoup, au point de vue de la solution rationnelle et définitive de la question, de celles de la Commission prussienne.

SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE

Avril 1895

Réunions de Saint-Étienne

Séance du 6 avril.

Communication de M. Pillez sur **l'appareil Hardy pour le dosage du grisou.**

Le fonctionnement de cet appareil repose sur les principes suivants :

1° Lorsque deux tuyaux sonores identiques sont traversés par un même courant gazeux suffisamment fort, ils vibrent à l'unisson. On entend un son net ;

2° Lorsque deux tuyaux sonores identiques sont traversés par deux courants gazeux de même vitesse et de même température, mais de densités différentes, il n'y a plus unisson mais dissonance, et il se produit, des battements périodiques ou renforcements de sons. Ces battements sont dus à la coïncidence de certaines vibrations des deux tuyaux en action.

L'inventeur détermine par le nombre de ces battements produits en 10 secondes, la quantité de grisou qui existe dans un milieu donné, et assure qu'il peut constater ainsi des teneurs extrêmement faibles.

Les appareils, dont la disposition n'a rien d'absolu, peuvent être fixes ou portatifs.

On a présenté quelques objections plus ou moins fondées. Cet appareil n'étant en somme qu'un comparateur de densités, la présence de l'acide carbonique et celle de la vapeur d'eau, en modifiant le poids spécifique de l'air, peuvent, ou masquer la présence du grisou ou faire croire à cette présence. Il faudrait donc débarrasser le mélange gazeux de ces corps, ce qui serait difficile, sinon impossible, dans la pratique. Ce n'est pas la seule objection qu'on puisse faire à ce procédé qui parait pouvoir difficilement soutenir la comparaison avec les bonnes méthodes de dosage du grisou qu'on possède actuellement, savoir le dosage par les limites d'inflammation pour le laboratoire et la lampe à alcool Chesneau pour la mine.

Communication de M. Mortier sur **l'emploi de l'air comprimé.**

L'orateur étudie le rendement d'une installation d'air comprimé pour transport de force. Ses conclusions sont intéressantes. Elles sont formulées comme suit :

1° L'air comprimé, envisagé comme transporteur d'énergie, est ce qu'on le fait. Tant valent les conditions mécaniques et calorifiques qui président à sa production et à son utilisation, tant vaut l'agent lui-même ;

2° Par l'emploi des hautes compressions adiabatiques, rendant toute détente efficace illusoire, on descend à des rendements pitoyables ;

3° Par l'emploi des basses pressions, ce vice original disparaît, mais on se heurte à des canalisations et à des dimensions d'appareils prohibitives;

4° Au contraire, par la mise en œuvre des compressions étayées, même adiabatiques et surtout du compoundage mutuel entre moteurs suffisamment éloignés pour qu'en passant de l'un à l'autre, l'air, partiellement détendu, puisse reprendre la température ambiante, on peut facilement prétendre au rendement de 50 0/0 et cela avec des canalisations et des cylindres réduits;

5° L'énergie disponible apportée par l'air comprimé est dilatable par la chaleur, proportionnellement au binôme de dilatation lui-même. Tandis que les autres agents de transport, l'eau sous pression et l'électricité par exemple, correspondent à une disponibilité d'énergie strictement définie, l'air comprimé, outre la somme de travail qu'il est susceptible de développer adiabatiquement à la température ambiante, emporte avec lui un crédit théoriquement illimité par la transformation en travail de la chaleur artificielle qui peut lui être appliquée, et cette transformation s'opère avec un rendement théorique tel que le supplément de travail réalisé est à peu près gratuit.

En d'autres termes, en achetant 1 *kg* d'air comprimé, on s'assure en même temps le droit d'obtenir, sans complication appréciable, et avec une dépense de combustible insignifiante, un appoint artificiel d'énergie au moins égal à l'énergie naturelle apportée directement.

Cette faculté toute spéciale, jointe à l'élasticité absolue de vitesse tant pour les compresseurs que pour les moteurs et à la possibilité de régularisation et d'emmagasinement sommaire par les réservoirs, ont un caractère fort important à considérer et qui, bien souvent, pourra justifier une préférence en faveur de l'air comprimé.

Compte rendu par M. Brustlein d'un ouvrage intitulé **Les mines et la métallurgie à l'Exposition de Chicago.**

Cet ouvrage, de M. von Ehrenwerth, professeur à l'École supérieure des mines de Leoben et rapporteur de la commission centrale autrichienne à l'Exposition de Chicago, emprunte une grande valeur à la compétence particulière de son auteur.

Il traite successivement les questions des combustibles, houilles, pétrole, gaz naturel, coke, du fer et de l'acier et des métaux divers.

INSTITUT ROYAL DES INGÉNIEURS NÉERLANDAIS (1)

Bulletin du 17 décembre 1894

Description des travaux d'irrigation dans les districts de Gending, Gading et Padjarakand (île de Java), par M. A.-J. Lamminga.

Les travaux d'irrigation, d'une importance capitale pour les popu-

(1) Résumé communiqué par M. J. de Koning.

lations rurales dans les régions tropicales, ont été l'objet d'une grande attention de la part du gouvernement néerlandais pour ses possessions aux Indes orientales. L'auteur décrit très complètement une partie de ces travaux qui ont été exécutés sous sa direction, sur une superficie de 10 000 *ha* ; la dépense s'est élevée à 1 095 400 florins. La note est accompagnée de plusieurs planches intéressantes.

Bulletin du 5 février 1895

Séance du 13 novembre 1894.

Communication de M. Stuten sur le développement de l'architecture militaire dans le dernier quart de ce siècle.

L'auteur examine l'influence que les perfectionnements de l'artillerie ont exercée sur l'art de la fortification ; il étudie plus particulièrement les forts blindés des divers systèmes et les applications qui en ont été faites, dans différents pays (forts de la Meuse, Roumanie, etc.).

Communication de M. Van Ysselstein sur la distribution de l'eau potable à Londres.

C'est une analyse du rapport de la *Royal Commission* qui a surtout étudié l'avenir de ce service en rapport avec l'augmentation de la population. Celle-ci, qui était de 5 633 000 habitants en 1891, a été calculée à raison de 11 250 000 pour 1931. Les besoins s'élèveront à cette époque à 1 900 000 m^3 par jour.

Bulletin du 1er mars 1895.

Rapport de mission en Allemagne, en Angleterre et en France relativement à la visite des principaux ports de pêche et des installations hydrauliques et électriques pour les ports et les écluses, par MM. Bekaar, du Croix et Drugvestein.

Le gouvernement néerlandais se propose d'établir un port de pêche à Ymaiden, l'avant-port d'Amsterdam, et de construire des installations électriques pour la grande écluse de ce port. C'est pour étudier les diverses questions qui se rattachent à ces établissements que les auteurs ont visité un grand nombre de ports, ayant été chargés de cette mission par le ministre du Waterstaat.

Communication de M. Vermaes sur les travaux d'abaissement du plan d'eau dans les polders de la Frise. Cette province, qui laisse écouler à la mer toutes ses eaux intérieures par des écluses, a longtemps éprouvé de grands dommages pour les cultures, par suite du niveau trop élevé des eaux. On y a obvié par l'amélioration des canaux d'écoulement et par l'agrandissement de quelques écluses. M. Vermaes, qui est l'ingénieur en chef de la province, décrit les travaux exécutés et indique les résultats obtenus.

Étude sur la théorie de Radinger, par M. Vaes.

BULLETIN DU 5 AVRIL 1895

Séance du 12 février 1895.

Communication sur les causes des débordements de la rivière Vecht, par M. GOCKINGA.

Cette rivière, qui forme canal d'écoulement pour une partie notable des provinces d'Utrecht et de la Hollande septentrionale, produit des inondations lors des grandes pluies. L'auteur indique les moyens divers par lesquels on pourrait remédier à cette condition fâcheuse, soit par l'établissement de puissants moteurs à vapeur pour le desséchement artificiel, soit par la construction de réservoirs qui retiendraient pendant un certain temps le surplus des eaux et les empêcheraient d'inonder les régions environnantes.

Description d'une installation de transport d'énergie par l'électricité, entre la gare centrale d'Utrecht et les ateliers de réparation, par M. DUFAURE.

Les installations électriques de la gare centrale fournissent l'éclairage électrique, mais comme on n'en a pas besoin dans la journée, on a pensé utiliser le courant pour la fourniture de force motrice aux ateliers et à la mise en mouvement des machines-outils.

Compte rendu des travaux du Congrès des accidents du travail à Milan en octobre 1894, par M. WESTEROUEN VAN MEETERENS.

SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS ALLEMANDS

N° 22. — *1er juin 1895.*

Progrès dans le domaine de l'électro-chimie, par M. Ostwald.

Agrandissement de la distribution d'eau de Remscheid, par O. Intze.

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(suite)*.

Transmission ondulatoire du calorique, par I. Riemen.

Variétés. — Réunion générale de l'Association des chimistes allemands.

N° 23. — *8 juin 1895.*

Agrandissement de la distribution d'eau de Remscheid, par W. Ostwald *(fin)*.

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(suite)*.

La fabrication de la fonte dans la Sarre et dans la Moselle, et ses progrès, par Th. Jung.

Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsche *(suite)*.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Emploi de l'éclairage électrique et du transport électrique de force dans l'exploitation des mines.

Groupe de Hanovre. — Cheminées de fabrique.

Bibliographie. — Les lumières solaire, zodiacale, crépusculaire et cométaire, par H. Gruson.

Variétés. — La vapeur est-elle une matière explosive au point de vue de l'article 311 du code pénal allemand?

N° 24. — *15 juin 1895.*

Nouveaux progrès dans la question de la production artificielle du froid.

Progrès les plus récents de la construction navale en Allemagne, par C. Busley *(fin)*.

La fabrication de la fonte dans la Sarre et dans la Moselle et ses progrès, par Th. Jung *(fin)*.

Concours pour l'établissement d'un pont fixe sur le Rhin entre Bonn et Beuel, par A. Zschetzsche *(fin)*.

Calcul des efforts supportés par une bielle, par Ed. Autenrieth.

Expériences sur une nouvelle disposition de roue à aubes pour bateaux, par J. Paul.

Groupe de Franconie et du Haut-Palatinat. — Laboratoires de construction de machines.

Groupe de Wurtemberg. — Manœuvre électrique des plaques tournantes et chariots de service.

Bibliographie. — L'indicateur et ses diagrammes, par M. von Pichler.

BIBLIOGRAPHIE

Die Maschinellen Hilfsmittel der chemischen Technik. (Les appareils et procédés mécaniques employés dans la chimie industrielle), par A. Parnicke. — H. Bechhold, éditeur à Francfort-sur-le-Mein.

Cet ouvrage, que l'éditeur a bien voulu offrir à la bibliothèque de notre Société, nous a paru basé sur une idée nouvelle et remplir un but intéressant que nous croyons devoir signaler à l'attention de ceux de nos collègues qui sont engagés dans les industries chimiques.

La réalisation en grand des réactions chimiques qui constitue la fabrication des divers produits exige pour la manipulation et le traitement des matières l'emploi de procédés et d'appareils qui rentrent dans le domaine de la mécanique et que, cependant, le chimiste doit nécessairement connaître.

L'auteur, ancien directeur de la fabrique de produits chimiques de Griesheim, s'est proposé de classer méthodiquement ces procédés, d'en donner les meilleurs exemples et d'en expliquer le fonctionnement.

Nous ne pouvons faire mieux, pour faire comprendre le but et l'utilité de l'ouvrage, que de donner le sommaire abrégé des onze chapitres qui le composent.

1° Généralités comprenant les canalisations, les joints, les calorifuges, le graissage des appareils, les purgeurs, etc.

2° Les sources de force : moteurs de toutes espèce, essais des moteurs.

3° La transmission de la force : transmissions par arbres, câbles, poulies, eau, air, électricité.

4° Les moyens de transport : chemins de fer, câbles aériens, ascenseurs, plans inclinés, transporteurs à godets, à courroies, injecteurs, pompes, monte-jus, etc.

5° Broyage : pilons, moulins, concasseurs, etc.

6° Appareils pour mélanges.

7° Fusion, grillage, etc.

8° Concentration : bâtiments de graduation, appareils d'évaporation, bains divers de chauffage, évaporation dans le vide, etc.

9° Séparation des matières : filtrage, essorage, cristallisation, distillation, etc.

10° Dessiccation : étuves, séchoirs, etc.

11° Appareils de mesure : balances, aéromètres, thermomètres, pyromètres, manomètres, dasymètres, etc.

12° Lois et règlements concernant les appareils à vapeur, les établissements insalubres, les accidents, etc.

On voit par l'exposé qui précède combien est variée la nature des questions traitées dans l'ouvrage dont nous nous occupons; les exemples sont bien choisis et illustrés par 337 figures dans le texte. La valeur incon-

testable de cet ouvrage est malheureusement bien réduite pour nous par le fait qu'il est écrit en allemand. Peut-être une traduction, avec quelques modifications pour l'approprier à l'industrie française, pourrait en être faite utilement et avantageusement.

Statistiques de la production minérale des États-Unis pour 1893 et 1894, publiée par les éditeurs de l'*Engineering and Mining Journal*. New-York, 1895.

Nous avons sous les yeux des tableaux qui résument les statistiques de la production minérale des États-Unis pendant les années 1893 et 1894. Ces statistiques, outre l'intérêt qu'elle présentent par elles-mêmes, doivent être signalées comme étant une œuvre d'initiative privée, dressées régulièrement, depuis plusieurs années, malgré l'énorme travail qu'elles impliquent, au moyen de renseignements obtenus directement par les éditeurs et sans aucune assistance de la part du gouvernement.

Ces tableaux donnent pour les deux années 1893 et 1894 les quantités extraites et la valeur sur les lieux de production des produits minéraux divisés en deux grandes classes, les produits non métalliques et les métaux, la première comprenant 60 titres et la seconde 10, total 70, plus un titre pour les produits non spécifiés. Il nous suffira de dire que la production des matières non métalliques représente, pour 1893, la somme de 1 890 000 000 et celle des métaux celle de 1 190 000 000 francs, soit en tout le total énorme de plus de 3 milliards de francs, valeur sur les lieux de production. L'année 1894 a donné des chiffres très notablement inférieurs à cause de l'état peu favorable des affaires.

Il est intéressant de faire observer que les chapitres qui donnent les chiffres de valeur les plus élevés sont, pour la première classe, les charbons qui figurent pour 1 milliard de francs environ et le pétrole pour 160 millions représentant 50 millions de barils. Parmi les métaux le fer tient la tête avec une valeur de 470 millions, puis vient l'argent pour 235 et l'or pour 180. En 1894, la production de l'or a notablement augmenté, 200 millions de francs, tandis que celle de l'argent est tombée à 150 millions.

Ces quelques renseignements suffiront pour faire apprécier l'importance de cette publication qui a, en outre, le mérite de n'être pas tardive, paraissant moins de six mois après la clôture du dernier exercice.

Pour la Chronique, les Comptes rendus et la Bibliographie :
A. Mallet.

TABLE DES MATIÈRES

TRAITÉES DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1895

(Bulletins)

Pages.

Accident du paquebot « La Gascogne », par M. J. Gaudry, et observations de MM. G. du Bousquet, Hart et Euverte (séance du 5 avril). Mémoire. . . . . 508 et 570

Accidents et l'assurance obligatoire *(Loi sur les)* (séance du 5 avril). 507

Acier et du fer aux Expositions universelles de 1889, à Paris, et de 1894 à Lyon *(Métallurgie de l')*, par M. J. Euverte, et observations de M. H. Remaury (séance du 17 mai). Mémoire . . . . 666 et 781

Air comprimé pour la traction mécanique des tramways *(Etude sur les rendements comparés de l'électricité et de l')*, par M. E. Badois, et observations de MM. E. de Marchena, Sarcia, L. Rey, P. Regnard et Ed. Coignet (séance du 18 janvier). Mémoire . . . . . 36 et 98

Air et l'eau à Paris *(L')*. Résultats d'expériences faites à l'Observatoire municipal de Montsouris, par M. Ch.-F. Marboutin, et observations de MM. P. Regnard, R. Soreau et E. Derennes (séance du 1er février) . . . 204

Aluminate de baryte *(Epuration préalable des eaux industrielles par l'emploi de l')*, par M. E. Asselin, et observations de M. E. Derennes et de Rycerski (séance du 17 mai) 659

Annuaire du Comité Central des Houillères de France *(Note sur l')*, par M. Ed. Gruner (séance du 5 avril) 507

Association technique maritime *(Compte rendu analytique des mémoires présentés à l')*, par M. G.-J. Hart, et observations de M. J. Gaudry (séance du 1er mars). Mémoire. . . . . 276 et 336

Association amicale des anciens Élèves de l'Ecole Centrale (Décès de M. Delépine, Secrétaire Archiviste de l') (séance du 21 juin) . 771

Basses températures; des moyens et appareils destinés à les produire; de leur utilisation en science et en industrie, par M. Raoul Pictet (séance du 3 mai). 653

Bibliographies, par M. A. Mallet . . . . . 326, 492 et 928

Boulangerie et meunerie avec stations d'essais des grains, farines et matériel *(Création à Paris d'une Ecole spéciale de)*, par M. L.-V. Lockert (séance du 1er février). Mémoire. . . . . 209 et 259

Câbles et courroies *(Essais de transmission par)*. Lettre de M. V. Dubreuil (séance du 15 février) 212

Câbles et courroies *(Etude comparative de mouvement par)* (Compte rendu des expériences entreprises en 1894, par la Société industrielle du Nord de la France), par M. V. Dubreuil, et observations de MM. Bertrand de Fontviolant, E. Badois, Ch. Compère, A. Brüll, et G. Dumont (séance du 21 juin) 773

Caisses de retraite organisées par les Compagnies houillères en faveur des ouvriers mineurs, par M. A. Gibon (séance du 7 juin). Mémoire. . . . . 670 et 763

Catastrophe de Bouzey. Nomination de MM. A. Brüll, J. Fleury et L.-M. Langlois, comme experts (séance du 21 juin). 771

Chemins de fer du Transvaal *(Les)*, par M. J. de Koning 294

Chroniques nos 181 à 186. . . . . 157, 307, 474, 622, 730 et 909

Comptes rendus . . . . . 169, 319, 485, 631, 738 et 917

Concours pour l'admissibilité au professorat du dessin dans les Ecoles Nationales d'Arts et Métiers *(Avis et date d'un)* (séance du 19 avril) 514

Concours organisés par les magasins du Louvre (séance du 21 juin) 772

Congrès des Sociétés Savantes de 1895 *(Date du)* (séance du 4 janvier. 31

Congrès du génie maritime à Chicago, par M. L. de Chasseloup-Laubat. Mémoire 361

Congrès et Exposition d'hygiène à Paris, en 1895 (séances des 5 et 19 avril). . . . . 504 et 514

Congrès d'assainissement et de salubrité à Paris, en 1895 (séance du 21 juin). 772

Congrès de l'Association française pour l'avancement des sciences à Bordeaux, en 1895 (séance du 21 juin) 772

Congrès pour l'unification des méthodes d'essai des matériaux à Zurich, en 1895 (séance du 21 juin) 772

Congrès des Chemins de fer, à Londres, en 1895 (séance du 21 juin) 772

Construction des lignes de Joigny à Toury et de Sens à Egreville *(Rapport sur la)* (séance du 21 juin) 773

Courroies et câbles *(Essais de transmission par)*. Lettre de M. V. Dubreuil (séance du 15 février) 212

Courroies et câbles *(Etude comparative de mouvement par)*. Compte rendu des expériences entreprises en 1894, par la Société Industrielle du Nord de la France, par M. V. Dubreuil, et observations de MM. Bertrand de Fontviolant, E. Badois, Ch. Compère, A. Brüll, et G. Dumont (séance du 21 juin) 773

Décès de MM. A. Henriot, Ch. de Montgolfier, P. Gronsky, Ch. Romme, L. Jambille, A. Olivier, J.-J.-F. Fabre, A. Carcenat, Ch.-E. Battaille, M.-A.-T. Combes, S. Dunnett, A. Coste, E.-A. Deffosse, M.-E. Didierjan, P. A. Marmiesse, C.-F. Mathieu, J.-A.-A. Vieillard, E. Lambert, H.-A. Buquet, N. Collange, J. Deby, E.-H. Langlois, A. d'Eichtal, A.-F. Collin, O. André, G.-A. Chayet, Ch.-E. Constenoble, E. Joubert, E.-J.-B. Chauvel, M. Aivas, H.-E. Langlois, L.-P. Joubert, A. Laborde.

(Séances des 4 et 18 janvier, 1er et 15 février, 1er et 15 mars, 5 et 19 avril, 3 et 17 mai, 7 et 21 juin) . 30, 32, 200, 211, 335, 347, 504, 513, 650, 658, 756 et 771

Décorations françaises :

Officiers de la Légion d'Honneur : MM. G. Canet, H. Hersent, F.-D. Mangini, E. Polonceau.

Chevaliers de la Légion d'Honneur : MM. J. d'Allest, J. Carel, J.-J. Freund, J.-M. Hélaut, N.-A. Maury, L. Joubert, A. Hillairet, A. Marchegay, E. Bullot, A. Duboul, E. Guérin de Litteau, A.-Ch.-A. Huguet, A.-D. Letort, J.-A. Maire, A.-A.-A. Muller, N.-V. Toussaint, E. Camus.

Officier de l'Instruction publique : M. H. Haguet.

Officiers d'Académie : MM. D. Augé, C. Chômienne, P. Martial, P.-M. Sage, Ch. Zetter, Lacazette, A.-A. Gallut, Ch. Janet, E.-Ch. Collin.

Chevaliers du mérite agricole : MM. R. Valensi, Pinchard-Deny.

Décorations étrangères :

Chevaliers de Sainte-Anne de Russie : MM. E. Gruner et L. Monteil.

Chevalier de l'Instruction publique de Perse : M. H. Chevalier.

Officier du Saint-Sauveur de Grèce, M. R. Abt.

Officier de l'Ordre impérial de l'Annam, M. F.-A. Brard.

(Séances des 4 et 18 janvier, 15 février, 1er et 15 mars, 5 et 19 avril, 3 et 17 mai, 7 et 21 juin) . . . 30, 32, 212, 335, 347, 504, 513, 650, 658, 758 et 771

Discours prononcés par MM. G. du Bousquet et L. Appert (Installation des membres du Bureau et du Comité) (séance du 4 janvier) . . . 6 et 19

Discours prononcés aux obsèques de M. G. Loustau, par MM. G. du Bousquet, L. Appert et A. Godillot. . . . . 149, 152 et 154

Discours prononcés aux obsèques de M. E. Chauvel par MM. L. Rey et L. Berthon . . . . . 727 et 729

Discours prononcé par M. Delaunay-Belleville à la réception des commerçants et industriels de Paris par M. Félix Faure 468

Don de la collection complète des bulletins de la Société depuis sa fondation, par M. F. Pottier (séance du 5 avril) 505

Eau et l'air à Paris *(L')*. Résultats d'expériences faites à l'Observatoire municipal de Montsouris, par M. Ch.-F. Marboutin, et observations de MM. P. Regnard, R. Soreau, E. Derennes (séance du 1er février) . . 204

Eaux d'alimentation de la ville de Genève *(Analyse de l'ouvrage de M. Léon Massol sur les)*, par M. E. Badois (séance du 1er février). . 200

Eaux *(Le filtrage dans l'épuration chimique des)*. Invitation de la Société de chimie à assister à une séance sur (séance du 1er février) 203

Eaux industrielles par l'emploi de l'aluminate de baryte *(Épuration préalable des)*, par M. E. Asselin, et observations de MM. E. Derennes, de Rycerski et P. Regnard (séances des 17 mai et 7 juin). 659 et 756

Éclairage électrique *(Moteurs à gaz et leurs applications industrielles, et principalement à l')*, par M. V. Langlois, et observations de MM. Cornuault, E. de Marchena, G. Thareau, et lettre de M. G. Collin (séances des 1er et 15 février) . . . . . 206 et 210

Électricité et de l'air comprimé pour la traction mécanique des tramways *(Étude sur les rendements comparés de l')*, par M. E. Badois, et observations de MM. E. de Marchena, Sarcia, L. Rey, P. Regnard, et E. Coignet (séance du 18 janvier). Mémoire. . . . . 36 et 98

Électriques en Suisse et en Savoie *(Étude sur diverses installations)*, par M. A. Lavezzari. Mémoire 73

Épuration préalable des eaux industrielles par l'emploi de l'aluminate de baryte, par M. E. Asselin, et observations de MM. E. Derennes, et de Rycerski (séance du 17 mai) 659

Errata à la note sur les mémoires présentés à l'Association technique maritime (bulletin de février, pages 276 et suivantes), par M. G.-J. Hart. 495

Exposition internationale d'hygiène à Paris en 1895 *(Congrès et)* (séances des 5 et 19 avril) . . . . . 504 et 514

Exposition internationale des voitures automobiles à Turin. Lettre de M. D. Federman (séance du 5 avril) 506

Exposition de Chicago *(Tramways à l')*. Analyse de l'ouvrage de M. Ch. Grille, par M. J. Charton (séance du 5 avril) 507

Expositions universelles de Paris en 1889, et de Lyon en 1894 *(La métallurgie du fer et de l'acier aux)*, par M. J. Euverte, et observations de M. H. Remaury (séance du 17 mai). Mémoire. 666 et 781

Fer et de l'acier aux Expositions universelles de Paris en 1889, et de Lyon en 1894 *(La métallurgie du)*, par M. J. Euverte, et observations de M. H. Remaury (séance du 17 mai). Mémoire. 666 et 781

Fermes en arc soumises à l'action du vent *(Méthode de calcul des)*, par M. A. Cordeau, et observations de M. Bertrand de Fontviolant (séance du 3 mai). 651

Filtrage dans l'épuration chimique des eaux *(Le)*. Invitation de la Société de chimie à assister à une séance sur (séance du 1er février). 203

Gaz et leurs applications industrielles, et principalement à l'éclairage électrique *(Moteurs à)*, par M. V. Langlois, et observations de MM. Cornuault, E. de Marchena, G. Thareau, et lettre de M. G. Collin (séance des 1er et 15 février) . . . . . 206 et 210

Gaz et leurs applications industrielles, et principalement à l'éclairage électrique *(Discussion sur les moteurs à)*, par MM. V. Langlois, E. Cornuault, R.-L. Yvon, P.-A. Mallet, E. Pagniez, et Ch. Haubtmann (séance du 15 mars). 348

Grues électriques du port du Havre *(Les)*, par M. E. Delachanal, et observations de M. E. Pagniez (séance du 15 mars). Mémoire. 354 et 520

Habitations à bon marché *(Nomination de membres du Conseil supérieur des)* (séance du 1er mars) 335

Hôtel de la Société *(Annonce officielle à la Société de la vente de son)* (séance du 7 juin). 739

Houillères de France pour 1893 *(Analyse de la Statistique des)*, par M. E. Gruner (séance du 15 février). Mémoire . . . . . 212 et 408

Houillères de France *(Note sur l'annuaire du Comité central des)*, par M. E. Gruner (séance du 5 avril) 507

Hydrauliques employés en Asie Centrale *(Travaux)*, par M. Poklewski-Koziell (séance du 19 avril). Mémoire . . . . . 518 et 600

Ingénieurs des constructions civiles. Lettre de M. E. Pontzen (séance du 21 juin) 772

Installations des membres du Bureau et du Comité. Discours prononcés par MM. G. du Bousquet et L. Appert (séance du 4 janvier). 6 et 19

Jauges basées sur le système décimal *(Emploi en Amérique des)*, et lettre de M. Egleston (Séances des 15 mars et 17 mai) . . . 348 et 659

Machines à expansion multiple *(Le rendement organique des)*, par M. A. Mallet. Mémoire 132

Machines à vapeur à multiple expansion *(Note sur le rendement organique des)*, par M. A. Lencauchez. Mémoire 465

Médaille d'argent décernée par l'Académie de Médecine à M. H. Bunel (séance du 15 mars) 347

Médaille et diplôme commémoratif de l'Exposition de Chicago, délivrés à la Société (séance du 15 mars) 348

Membre correspondant de la Société à Lisbonne, de M. E.-H. Boyer *(Nomination comme)* (séance du 4 janvier) 31

Membres nouvellement admis . . . . 5, 197, 333, 503, 649, 764 et 780

Métallurgie du fer et de l'acier aux Expositions universelles de 1889 à Paris, et de 1894 à Lyon *(La)*, par M. J. Euverte, et observations de M. H. Remaury (séance du 17 mai). Mémoire. 666 et 781

Meunerie et boulangerie avec stations d'essais des grains, farines et matériel *(Création à Paris d'une École spéciale de)*, par M. L.-V. Lockert (séance du 1er février). Mémoire . . . . . 209 et 259

Minerais de fer carbonatés *(Grillage des)*, par M. S. Jordan (séance du 1er février) 203

Mines d'or de Gondo (Valais). Lettre de M. Comboul (séance du 19 avril) 513

Moteurs à gaz et leurs applications industrielles et principalement à l'éclairage électrique, par M. V. Langlois, observations de MM. Cornuault, E. de Marchena, G. Thareau et lettre de M. G. Collin (séances des 1er et 15 février) . . . . . 206 et 210

Moteurs à gaz *(Discussion sur les)*, par MM. V. Langlois, E. Cornuault, R.-L. Yvon, P.-A. Mallet, E. Pagniez, et Ch. Haubtmann (séance du 15 mars) 348

Musée social *(Invitation à l'inauguration du)* (séance du 15 mars) . . . 348

Naval Architects *(Avis et compte rendu de la réunion des)*, par M. J. Fleury (séance des 5 et 19 avril) . . . . . 504 et 514

Navals Architects venus à Paris *(Compte rendu de la réception faite aux)*, par M. L. Appert, Président (séance du 21 juin) 772

Nominations :

De MM. E. Cacheux, F. Mangini et E. Trélat, comme membres du Conseil supérieur des habitations à bon marché (séance du 1er mars) . 335

De M. Cacheux comme Président de la Société française d'hygiène (séance du 1er mars) 335

De M. Labour comme membre du Comité d'administration de la Société internationale des Électriciens (séance du 19 avril) 513

De M. Ventre au grade de Pacha (séance du 17 mai) 659

De M. Léon Appert, Président de la Société, comme membre de la Commission supérieure de l'Exposition de 1900 (séance du 7 juin) . . . 759

De M. E. Trélat comme membre du jury du concours pour l'installation de la Cour des comptes (séance du 7 juin) 759

De M. P. Grand au grade de Pacha (séance du 7 juin). 739
De MM. A. Brüll, J. Fleury et L.-M. Langlois, comme experts (catastrophe de Bouzey) (séance du 21 juin). 771
De M. Henri Schneider comme membre d'honneur de l'Institution of Civil Engineers de Londres (séance du 21 juin). 771

Notes techniques de nos correspondants et membres de province et de l'étranger. 294

Notices nécrologiques :

Sur M. G. Loustau, trésorier honoraire, par MM. Léon Appert, Président, G. du Bousquet et A. Godillot (séance du 1er février). . . . . 149, 152, 154 et 199

Sur M. A. Carcenat, par M. H. Forest. 299

Sur M. S. Dunnett 301

Sur M. A. Henriot, par M. E. Labour 305

Sur M. P.-A. Marmiesse 471

Sur M. E.-H. Langlois, lettre de M. Guigon-Bey (séance du 7 juin). 757

Sur M. L.-Ph. Joubert, par M. J. Fleury (Séance du 7 juin), . . 757

Obsèques de M. G. Loustau *(Discours prononcés aux)*, par MM. G. du Bousquet, L. Appert et A. Godillot (séance du 1er février). . 149, 152, 154 et 199

Obsèques de M. E. Chauvel *(Discours prononcés aux)*, par MM. L. Rey et L. Berthon . . . . . 727 et 729

Ouvrages reçus . . . . . 2, 194, 330, 498, 646 et 751

Paquebot " la Gascogne " *(Accident du)*, par M. J. Gaudry et observations de MM. G. du Bousquet, Hart, et Euverte (séance du 5 avril). Mémoire . . . . . 508 et 570

Périodiques reçues au 1er janvier 1895, par la Société (Liste des publications) 177

Planches nos 127 à 141.

Pli cacheté déposé par M. P.-E. Chouanard (séance du 7 juin). . 739

Port du Havre *(Les grues électriques du)*, par M. E. Delachanal et observations de M. E. Paguiez (séance du 15 mars). Mémoire . . . . 354 et 520

Ports du Havre, de Lisbonne et de Leixoes *(Étude sur les)*, par M. da Costa Couto. Analyse faite par M. J. Fleury (séance du 5 avril). . 535

Poutre droite à treillis, chargée symétriquement et reposant sur deux appuis *(Nouveau procédé de calcul des efforts supportés par les éléments d'une)*, par M. E. Monet. Mémoire. 230

Poutres continues droites ou en arcs s'arc-boutant solidaires avec leurs piliers *(Méthode générale de calcul des)*, par M. F. Chaudy. Mémoire 248

Prix Monthyon de mécanique décerné par l'Institut à M. E. Bertrand de Fontviolant (séance du 4 janvier) 31

Prix François Coignet *(Désignation de la 3e Section pour concourir en 1898 pour le)* (séance du 18 janvier). 32

Prix Annuel décerné à M. E. de Marchena (séance du 21 juin) 770

Prix Michel Alcan, décerné à M. R. Soreau (séance du 21 juin) . . . 770

Prix François Coignet, décerné à MM. G. Dumont et G. Baignères (séance du 21 juin) 770

Retraite organisées par les Compagnies houillères en faveur des ouvriers mineurs *(Caisses de)*, par M. A. Gibon (séance du 7 juin). Mémoire . . . . . 670 et 763

Secours publics en France et à l'étranger, par M. E. Cacheux (séance du 19 avril). Mémoire. . . . . 519 et 580

Séismes et volcans *(Discussion de la communication de M. de Longraire sur les)*. Lettres de MM. A. de Lapparent, Stanislas Meunier et Fouquié, et observations de MM. Aug. Moreau, P.-F. Chalon, D.-A. Casalonga, J. Bergeron, de Longraire, G. Richard, E. Derennes, E. Lippmann, P. Regnard, H. Couriot, Ch. Anthoni, et lettres de MM. D.-A. Casalonga et J. Gaudry (séances des 15 février, 1er et 15 mars). . . . 213, 339 et 348

Séismes et volcans *(Notes et observations à propos de la communication de M. de Longraire sur les)*, par M. J. Bergeron 442

Séismes et volcans *(Réponse aux diverses observations présentées* dans les séances des 15 février et 1er mars), par M. A. de Longraire. 455

Situation financière de la Société *(Compte rendu semestriel de la)*, par M. H. Couriot, trésorier (séance du 21 juin) 764

Société française des Ingénieurs coloniaux *(Fondation de la)*, lettre de M. J. Courau (séance du 1er mars) 335

Statistique des houillères de France en 1893 *(Analyse de la)*, par M. E. Gruner (séance du 15 février). Mémoire . . . . . 212 et 408

Système métrique aux États-Unis *(Projet de l'adoption du)*, lettre de M. Egleston (séances des 15 mars et 17 mai) . . . . . 348 et 639

Téléphonie militaire *(Appareils téléphoniques applicables à la)*, par M. le capitaine Charollois, et observations de M. Ch. Haubtmann (séance du 15 mars) 359

Touage électrique des bateaux sur les canaux, par M. de Bovet et observations de MM. Carimantrand, D.-A. Casalonga et L. Rey (séance du 18 janvier). Mémoire . . . . . 32 et 40

Traction mécanique des tramways. *Etude sur le rapport de M. E. de Marchena*, par M. P. Regnard, et observations de M. Sarcia, lettres de MM. E. de Marchena, P. Regnard et L. Francq (séances des 18 janvier, 1er et 15 février, 1er mars, 5 avril). Mémoire. . . . 34, 114, 199, 210, 334 et 506

Traction mécanique des tramways *(Etude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la)*, par M. E. Badois, observations de MM. E. de Marchena, Sarcia, L. Rey, P. Regnard, E. Coignet (séance du 18 janvier). Mémoire . . . . . 36 et 98

Traction mécanique des bateaux sur les canaux. Touage électro-magnétique, par M. de Bovet et observations de M. Carimantrand, D.-A. Casalonga, L. Rey (séance du 18 janvier). Mémoire. 32 et 40

Traction mécanique des tramways. Réponse aux observations de M. E. Badois, par M. E. de Marchena. 112

Tramways *(Etude sur les)*. Rapport de M. E. de Marchena, par M. P. Regnard, observations de M. Sarcia et lettres de MM. E. Marchena, P. Regnard, L. Francq (séances des 18 janvier, 1er et 15 février, 1er mars, 5 avril). Mémoire . . . . . 34, 114, 199, 210, 334 et 506

Tramways à l'Exposition de Chicago. *Analyse de l'ouvrage de M. Ch. Grille*, par M. J. Charton (séance du 5 avril). 507

Transmissions par câbles et courroies *(Essais de)* lettre de M. V. Dubreuil (séance du 15 février) 212

Transmissions électriques dans les ateliers *(Conférence à la Société d'Encouragement sur les)* par M. A. Hillairet (séance du 19 avril). 514

Transporteur Temperley *(Outillage des navires et des ports et en particulier le)*, par M. P.-P. Guéroult (séance du 7 juin). Mémoire . 739 et 896

Turbine à vapeur de Laval *(La)*, par M. K. Sosnowski, et observations de MM. Hart et P.-G. Roger (séance du 5 avril). Mémoire. . . 510 et 697

Voitures automobiles à Turin *(Exposition internationale des)*. Lettre de M. D. Federman (séance du 5 avril) 506

Voitures automobiles. Nomination de M. G. Collin comme membre du Comité de la course Paris-Bordeaux (séance du 17 mai) 639

Volcans et Séismes *(Discussion de la communication de M. de Longraire sur les)*. Lettres de MM. A. de Lapparent, Stanislas Meunier et Fouquié, et observations de MM. Auguste Moreau, P.-F. Chalon, D.-A. Casalonga, J. Bergeron, de Longraire, G. Richard, E. Derennes, E. Lippmann, P. Regnard, H. Couriot, Ch. Anthoni et lettres de MM. D.-A. Casalonga et J. Gaudry (séances des 15 février, 1er et 15 mars) . 213, 339 et 348

Volcans et Séismes *(Notes et observations à propos de la communication de M. de Longraire sur les)*, par M. J. Bergeron. 442

Volcans et Séismes *(Réponse aux diverses observations présentées dans les séances des 15 février et 1er mars)*, par M. de Longraire. 455

TABLE ALPHABÉTIQUE

PAR

NOMS D'AUTEURS

DES MÉMOIRES INSÉRÉS DANS LE 1er SEMESTRE, ANNÉE 1895.

Pages.

Badois (E.). — Étude sur les rendements comparés de l'électricité et de l'air comprimé pour la traction mécanique des tramways (bulletin de janvier) 98

Bergeron (J.). — Notes et observations à propos de la communication de M. de Longraire, sur les Séismes et Volcans (bulletin de mars). . . 442

Bovet (A. de). — Traction mécanique des bateaux sur les canaux. Touage électro-magnétique (bulletin de janvier) 40

Cacheux (E.). — Secours publics en France et à l'Étranger (bulletin d'avril). 580

Chasseloup-Laubat (L. de). — Congrès du Génie maritime à Chicago (bulletin de mars). 361

Chaudy (F.). — Méthode générale de calcul des poutres continues droites ou en arcs s'arc-boutant solidaires avec leurs piliers (bulletin de février). 248

Delachanal (E.). — Les grues électriques du Port du Havre (bulletin d'avril). 520

Delaunay-Belleville. — Réception des commerçants et industriels de Paris, par M. Félix Faure (Discours prononcé à la) (bulletin de mars). . 468

Euverte (J.). — La métallurgie du fer et de l'acier aux Expositions universelles de 1889, à Paris et de 1894, à Lyon (bulletin de juin) 781

Gaudry (J.) — Note sur l'accident du paquebot « La Gascogne » (bulletin d'avril) 570

Gibon (A.). — Retraites organisées par les Compagnies houillères au profit des ouvriers mineurs (bulletin de mai). 670

Gruner (E.). — Analyse de la statistique des Houillères de France pour 1893 (bulletin de mars) 408

Gruner (E.). — Le Musée social et les fondations du comte de Chambrun (bulletin d'avril) 594

Guéroult (P.-P.). — L'outillage des navires et des ports, et, en particulier, le transporteur Temperley (bulletin de juin) 896

Hart (G.-J.). — Note sur les travaux de l'Association Technique Maritime (bulletin de février) 276

Koning (J. de). — Les chemins de fer du Transwaal (Notes de nos correspondants et membres de province et de l'étranger) (bulletin de février). 294

Lavezzari (A.). — Étude sur diverses installations électriques en Suisse et en Savoie. Rapport de mission (bulletin de janvier) 73

Lencauchez (A.). — Note sur le rendement organique des machines à vapeur à multiple expansion (bulletin de mars) 465

Lockert (L.-V.). — Projet de création, à Paris, d'une école pratique de Meunerie et Boulangerie avec stations d'essais de grains, farines et matériel (bulletin de février) 259

Longraire (de). — Séismes et Volcans. Réponse aux diverses observations présentées dans les séances du 15 février et du 1er mars 1895 (bulletin de mars) 455

Mallet (A.). — Bibliographies (bulletins de février, mars et juin) 326, 492 et 928

Mallet (A.). — Chroniques et comptes rendus (bulletins de janvier et juin). . . 157, 307, 474, 622, 730, 909 — 169, 319, 485, 631, 738 et 917

Mallet (A.). — Le rendement organique des machines à expansion multiple (bulletin de janvier) 132

Marchena (E. de). — Traction mécanique des Tramways. Réponse aux observations de M. E. Badois (bulletin de janvier) 122

Monet (E.). — Nouveau procédé de calcul des efforts supportés par les éléments d'une poutre droite à treillis chargée symétriquement et reposant sur deux appuis (bulletin de février). 230

Poklewski-Koziell. — Note sur quelques procédés nouveaux d'exécution de travaux hydrauliques employés en Asie Centrale (bulletin d'avril) 600

Regnard (P.). — Note sur le mémoire de M. E. de Marchena. Traction mécanique des tramways (bulletin de janvier). 114

Sosnowski (K.). — La turbine à vapeur de Laval (bulletin de mai) . . 697

Le Secrétaire Général, Rédacteur-Gérant responsable,
A. DE DAX.

IMPRIMERIE CHAIX, RUE BERGÈRE, 20, PARIS. — 14018-7-95. — (Encre Lorilleux).

MILLI

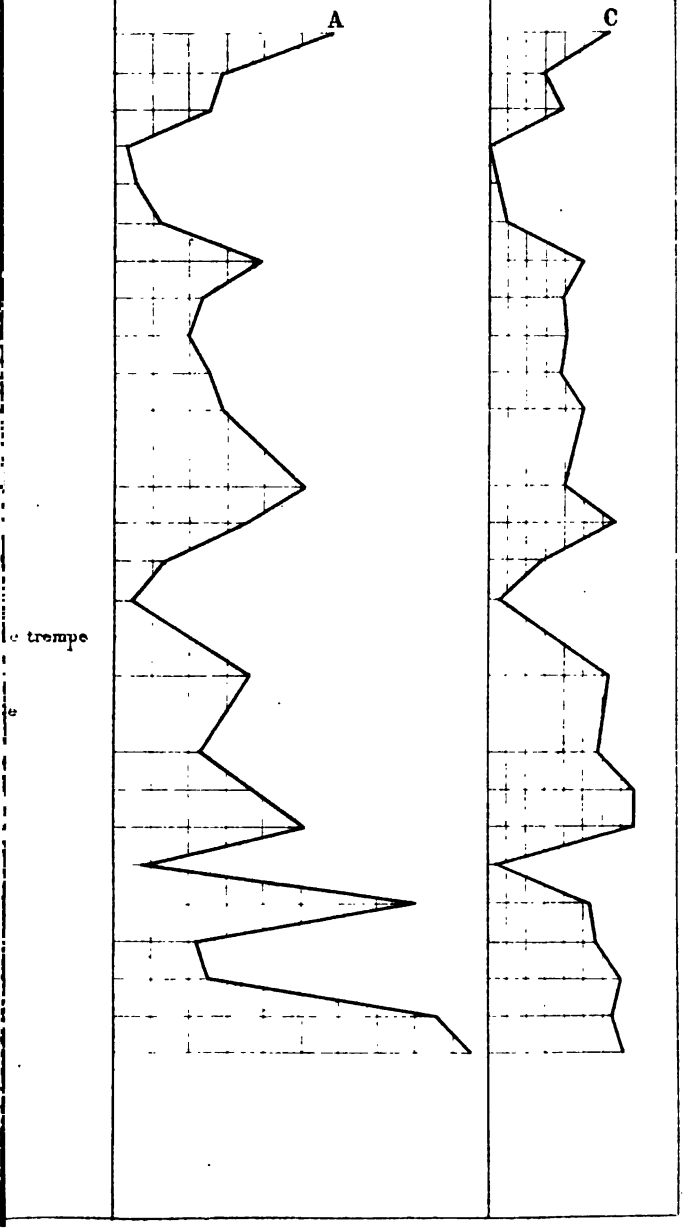
TAL TREMPÉ

Ni

TRE CARRÉ

ALLONGEMENT P. 0/0.

CONTRACTION $\frac{S-S'}{S} \times 100$

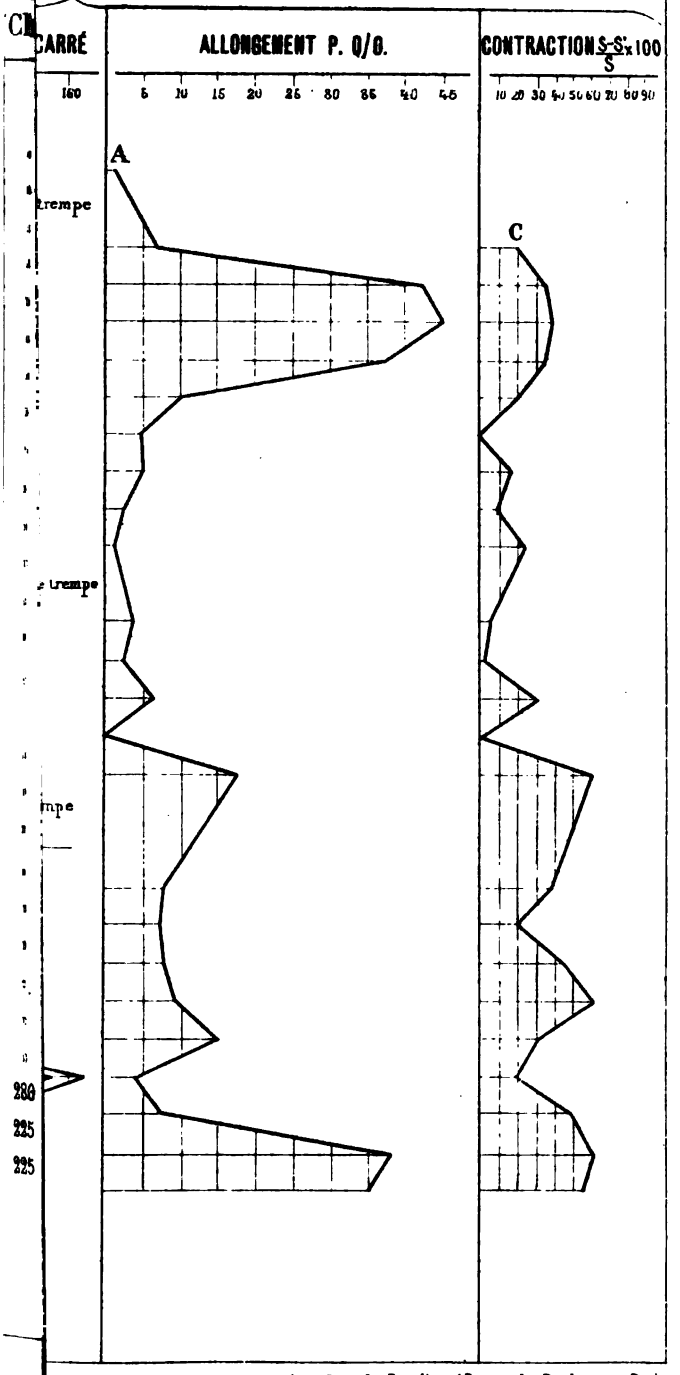


e trempe

e

300
248
250
1500
2493
250
244
2510
2510

TREMPÉ



Auto-Imp. L. Courtier, 43, rue de Dunkerque, Paris.

ise directe des marchandises en magasin.

Fig. 15.

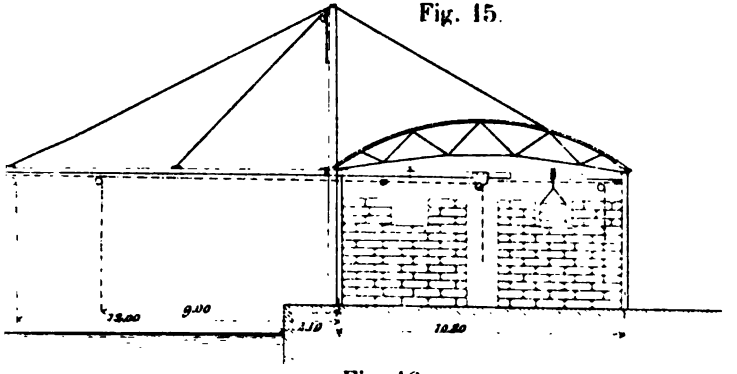


Fig. 16.

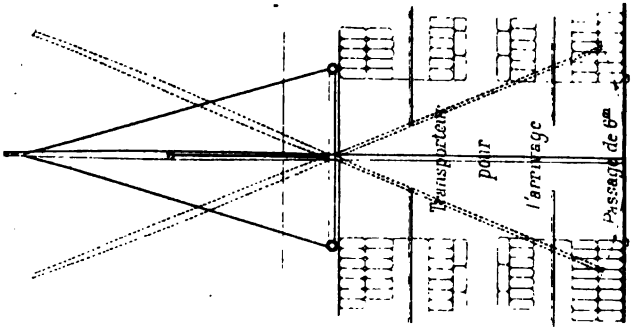
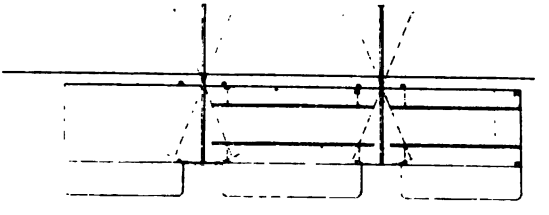
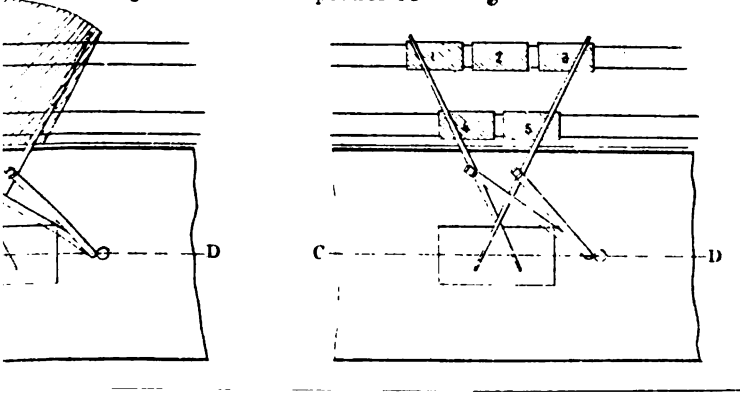


Fig. 17.



ort et les transporteurs Temperley
euils de bord.

19. Longueur maxima des poutres 18m Fig. 18.